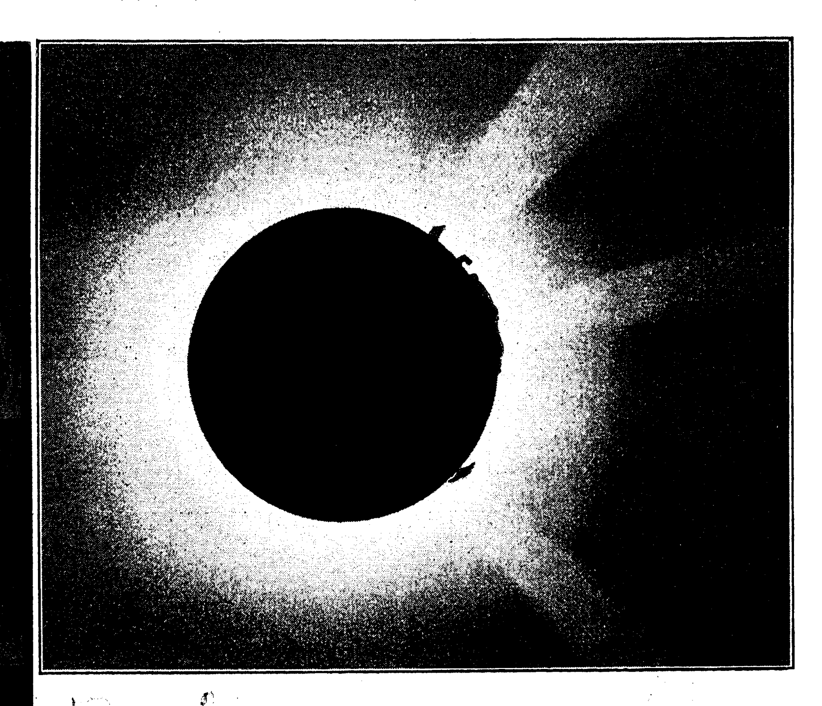
ИЗДАНІЕ ТОВАРИЩЕСТВА „ЗНАНІЕ" С.-ПЕТЕРБУРГЪ, НЕВСКІЙ, 92.

№ 3 ОБЩЕДОСТУПНАЯ НАУЧНАЯ БИБЛІОТЕКА. № 3

РЕДАКЦІЯ К. П. ПЯТНИЦКАГО.



ИЗВЕРЖЕНІЯ НА СОЛНЦѢ.

ЮНГЪ.

СОЛНЦЕ.

Второе изданіе русскаго перевода.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
1899.

ИЗДАНІЕ ТОВАРИЩЕСТВА „ЗНАНІЕ“ С.-ПЕТЕРБУРГЪ, НЕВСКІЙ, 92.

№ 3 ОБЩЕДОСТУПНАЯ НАУЧНАЯ БИБЛІОТЕКА. № 3

РЕДАКЦІЯ К. П. ПЯТНИЦКАГО.

ЮНГЪ,

профессоръ астрономіи въ Принстонскомъ Университетѣ въ Америкѣ.

СОЛНЦЕ.

Съ послѣдняго американскаго изданія.

Переводъ **Л. Г. Малиса**, хранителя при Обсерваторіи СПБ. Университета.

Второе изданіе русскаго перевода.

Дополненія, написанныя **самимъ авторомъ.**

Портреты: Бунзена, Вольфа, Геггинса, Гельмгольца, Джона Гершеля, Джона Дрэпера, Жансена, Кирхгофа, Локіера, Ньюкомба, Эдуарда Пикеринга, Проктора, Секки, Сименса, Резсерфорда и Юнга.

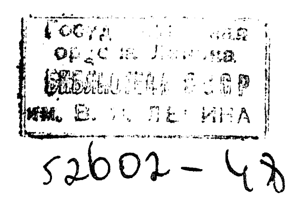
Три цвѣтныхъ таблицы. Больше **150** иллюстрацій.

Цѣна 1 р. 50 к.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія Евдокимова. Троицкая, 18.
1899.

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ, 30 октября 1898 года



Изъ

предисловія

къ первому американскому изданію.

Моя цѣль—представить въ этой маленькой книгѣ общій обзоръ всего, что мы знаемъ и думаемъ относительно солнца. Изложеніе будетъ настолько общедоступнымъ, насколько это совмѣстно съ точностью. Я пишу не для ученыхъ, но и не для массъ. Пишу для того большого класса въ обществѣ, который, не занимаясь на научномъ поприщѣ самостоятельно, всетаки обладаетъ достаточнымъ образованіемъ и способностью пониманія, чтобы интересоваться научными вопросами, если они представлены не въ технической формѣ; пишу для тѣхъ, кто желаетъ и способенъ не только знать результаты, полученные другими, но и понимать принципы и методы, отъ которыхъ зависятъ эти результаты, не заботясь о томъ, чтобы овладѣть всѣми подробностями изслѣдованія.

Я пытался вездѣ проводить рѣзкую черту между извѣстнымъ и гадательнымъ, пытался, насколько возможно, выяснить, какой степени довѣрія заслуживаютъ данныя и выводы.

Едва-ли необходимо говорить, что настоящій трудъ имѣетъ малыя притязанія на оригинальность. Я пользовался матеріаломъ, подходящимъ къ моей цѣли, изъ всѣхъ доступныхъ источниковъ... Въ особенности я обязанъ Секки, Локіеру, Проктору, Рэніарду, Фогелю, Шеллену и Ланглею...

Принстонъ, 1 августа 1881 года.

Предисловіе

къ послѣднему, просмотрѣнному изданію.

Со времени перваго изданія, выпущеннаго въ 1881 году, въ нашемъ знаніи солнца были сдѣланы большіе успѣхи. Въ четырехъ или пяти изданіяхъ, появлявшихся одно за другимъ, была сдѣлана попытка по возможности держать книгу на уровнѣ современности; для этого вводились дополненія и примѣчанія.

Однако наступило время, когда такія средства оказались несостоятельными. Въ виду этого, авторъ заботливо просмотрѣлъ все сочиненіе: нѣкоторыя части составлены заново; примѣчанія внесены въ самый текстъ; наконецъ, прибавлено все, что казалось необходимымъ для того, чтобы книга была точнымъ отраженіемъ современной науки о солнцѣ...

Особенною благодарностью я обязанъ проф. Хэлю за многія изъ лучшихъ 29 новыхъ иллюстрацій и фирмѣ Ginn and C° за пользованіе одною или двумя гравюрами изъ моей „Общей Астрономіи“.

Ноябрь 1895 года.

Предисловіе

отъ редактора русскаго изданія.

Книга Юнга давно заняла почетное мѣсто въ популярной астрономической литературѣ. Ее считаютъ лучшимъ изложеніемъ современной науки о солнцѣ. Она знакомитъ не только съ выводами, но и съ методами изслѣдованія. Уже первое изданіе этой книги было немедленно переведено на главные европейскіе языки. Съ тѣхъ поръ она выдержала до шести изданій. Благодаря дополненіямъ автора, старавшагося держать свою книгу на высотѣ современной науки, каждое новое изданіе оказывалось лучше и полнѣе предыдущихъ.

Русскій переводъ сдѣланъ съ послѣдняго американскаго изданія.

Какъ высоко ставятъ это изданіе авторитеты науки, показываетъ рецензія знаменитаго астрофизика Хэля:

„Книга Юнга появилась впервые въ 1881 году. Успѣхи, сдѣланные физикою солнца, излагались въ многочисленныхъ дополненіяхъ и примѣчаніяхъ къ послѣдующимъ изданіямъ. Въ настоящемъ изданіи текстъ переработанъ особенно тщательно: въ него введено много новыхъ данныхъ и новыхъ иллюстрацій. Внимательное сравненіе съ текстомъ 1881 года показываетъ, что передъ нами почти совершенно новое сочиненіе. Оно сохранило всѣ превосходныя качества, доставившія прежнимъ изданіямъ столь заслуженную популярность. Новые факты и теоріи, изложенные безъ предвзятыхъ мнѣній и оцѣненные по ихъ дѣйствительному достоинству, сдѣлали книгу еще болѣе содержательной. Книга написана для большой публики и оказалась для нея наиболѣе пригодною; но можно смѣло сказать, что она удовлетворитъ и спеціалиста—астронома. Дополненія, внесенныя въ послѣднее изданіе, знакомятъ съ прогрессомъ въ изслѣдованіи солнца за послѣдніе 15 лѣтъ... Хорошо извѣстныя ясность изложенія и привлекательный слогъ проф. Юнга позволяютъ рекомендовать книгу каждому образованному читателю“.

Русское изданіе полнѣе американскаго. Послѣднее появилось въ концѣ 1895 года. Съ тѣхъ поръ сдѣлано нѣсколько цѣнныхъ открытій. По поводу каждаго изъ нихъ Юнгъ немедленно писалъ соотвѣтствующее дополненіе для слѣдующаго изданія своей книги. Эти дополненія печатались въ американскихъ журналахъ „Popular Astronomy“ и „The Astrophysical Journal“. Всѣ они введены въ текстъ русскаго изданія. Такимъ образомъ, оно приняло видъ, какой авторъ намѣренъ придать слѣдующему американскому изданію.

Авторъ пользуется англійскими мѣрами. Въ русскомъ изданіи они замѣнены метрическими. Переводъ однѣхъ мѣръ въ другія сдѣланъ Л. Г. Малисомъ.

Прилагаемъ сравнительную таблицу метрическихъ и русскихъ мѣръ.

Число рисунковъ въ русскомъ изданіи значительно увеличено: въ американскомъ изданіи ихъ 100, въ русскомъ—175. Большинство рисунковъ заимствованы изъ Секки, Таккини, Фогеля, Жансена, Болля, Хэля, Ланглея и Шеберле.

Къ русскому изданію приложены три цвѣтныхъ таблицы:

Солнце съ пятнами, хромосферою и протуберанцами. По Трувело.

Типы протуберанцевъ. По Секки.

Формы короны. По Ліэ и Таккини.

Наконецъ, въ русское изданіе введены портреты знаменитыхъ изслѣдователей солнца. Узнавъ, что готовится русское изданіе, Юнгъ прислалъ для него свой портретъ съ собственноручной надписью. Портретъ этотъ воспроизведенъ на особой таблицѣ въ началѣ книги.

Первое изданіе русскаго перевода разошлось въ очень короткій срокъ. Въ настоящемъ, второмъ изданіи сдѣланы нѣкоторыя дополненія: даны портреты Гельмгольца, Джона Дрэпера, Ньюкомба, Секки и Сименса; приложенъ указатель.

Таблица мѣръ.

Метрическія мѣры.	Русскія мѣры.
Километръ=1 000 метровъ. . . .	=0, 937 399 версты.
„ „ „ „	=468 саж. 4 фута 10 дюймовъ 7,9 линій.
Метръ	=0, 468 699 сажени.
„	=3, 280 899 фута.
„	=1, 406 099 аршина.
„	=3 фут. 3 дюйм. 3, 708 лин.
„	=1 арш. 6, 497 594 вершк.
Сантиметръ=1/100 метра	=0, 393 708 дюйм.
„ „ „	=0, 224 976 вершк.
Миллиметръ=1/1000 метра	=0, 393 708 линіи.
„ „ „	=0, 022 497 вершка.
Килограммъ=1 000 граммовъ . . .	=2, 441 933 фунта.
„ „ „	=2 фунт. 42 золотника 40, 859 доли.
Граммъ	=22, 504 859 доли.

СОДЕРЖАНІЕ.

ВВЕДЕНІЕ.

Вліяніе солнца на жизнь и дѣятельность на земной поверхности.

I.

Разстояніе и размѣръ солнца.

II.

Способы и приборы для изученія поверхности солнца.

III.

Спектроскопъ и солнечный спектръ.

IV.

Солнечныя пятна и поверхность.

V.

Періодичность солнечныхъ пятенъ; ихъ вліяніе на землю и теоріи, относящіяся до ихъ причины и природы.

VI.

Хромосфера и выступы.

VII.

Корона.

VIII.

Свѣтъ и теплота солнца.

IX.

Сводъ фактовъ, разборъ вопроса о строеніи солнца.



C. A. Young — Oct. 1897

Юнгъ.

Съ фотографіи, присланной Юнгомъ спеціально для русскаго изданія.

СОЛНЦЕ.

ВВЕДЕНІЕ.

Вліяніе солнца на жизнь и дѣятельность на земной поверхности.

Краткое изложеніе главныхъ фактовъ, относящихся къ солнцу, и принятыхъ взглядовъ на его устройство.

Съ высшей точки зрѣнія солнце — только единица среди множества, простая звѣзда между милліонами другихъ звѣздъ. Тысячи изъ нихъ, вѣроятно, превосходятъ его блескомъ, величиной и мощностью. Въ арміи неба — солнце простой солдатъ.

Но среди этихъ безчисленныхъ миріадъ одно только солнце достаточно близко къ землѣ, чтобы оказывать на ея жизнь замѣтное вліяніе. Трудно подыскать слово, чтобы дать понятіе объ этомъ вліяніи. Это больше, чѣмъ простое управленіе и простое преобладаніе. Солнце не только измѣняетъ и опредѣляетъ, подобно лунѣ, извѣстныя болѣе или менѣе важныя движенія на земной поверхности, но, если ограничиться матеріальной стороной явленій, оно почти абсолютно первый двигатель всего. Къ нему можемъ мы прямо отнести почти всю энергію, заключенную въ явленіяхъ—механическихъ, химическихъ и жизненныхъ. Уничтожьте его лучи хотя-бы на одинъ мѣсяцъ,—и земля умретъ: вся жизнь на ея поверхности прекратится.

Этотъ фактъ всегда признавался болѣе или менѣе яснымъ образомъ. Онъ сдѣлался очевиднымъ до ужаса въ первый-же разъ, когда человѣку пришлось быть свидѣтелемъ солнечнаго заката: — когда онъ увидѣлъ, что солнце спускается подъ горизонтъ, и мракъ окутываетъ землю, когда онъ почувствовалъ холодъ ночи и заснулъ, не зная, взойдетъ ли солнце снова...

Господство солнца среди матеріальной природы признавалось мыслителями всѣхъ временъ и даже служило основой нѣкоторыхъ религіозныхъ системъ. Такова была религія Персовъ. Но только новѣйшему времени и, именно, нашему собственному вѣку суждено было показать съ достаточною ясностью, какъ, въ какомъ смыслѣ и въ какой степени жизнь земного шара является произведеніемъ солнечныхъ лучей, и само солнце является символомъ и намѣстникомъ божества. Для этого слѣдовало выяснить и формулировать два ученія: — о соотношеніи силъ и о сохраненіи энергіи. Разъ это сдѣлано, сравнительно не трудно было подтвердить оба ученія опытомъ и наблюденіемъ и доказать, что различные виды энергіи, которые обнаруживаются въ земныхъ явленіяхъ, обязаны своимъ происхожденіемъ солнцу. Можно было, напримѣръ, показать, что сила падающей воды представляетъ простое преобразованіе солнечной теплоты; удалось столь же достовѣрнымъ, хотя не столь прямымъ путемъ вывести, что изъ того же источника истекаютъ силы пара, электричества и даже тѣ силы, которыми обладаютъ животныя. Эта идея получила теперь такое распространеніе, что едва-ли необходимо останавливаться на ней; но для нѣкоторыхъ, по крайней мѣрѣ, читателей было бы не безполезно ознакомиться съ нею ближе.

Всякая работа производится на счетъ другой, ранѣе выполненной работы. Если часы идутъ, ихъ заставляетъ идти развертываніе спирали или паденіе гири: чтобы они пошли, кто-нибудь долженъ завести ихъ. Если вода рѣки изъ года въ годъ падаетъ съ высоты порога и вращаетъ колеса нашихъ мельницъ, теченіе не прекращается лишь потому, что существуетъ сила, которая непрерывно поднимаетъ и возвращаетъ на вершины горъ воду, достигшую океана. Это—работа аналогичная ежедневному заводу часовъ. Если порохъ въ ружьѣ подвергается взрыву и выталкиваетъ пулю, можно опять указать обстоятельство, объясняющее энергію взрыва: нѣкоторая сила помѣстила молекулы, составляющія порохъ, въ такія относительныя положенія, что, какъ только мы спустили курокъ и первая искра разсѣкла, такъ сказать, державшія ихъ связи, частицы устремляются вмѣстѣ—точно такъ же, какъ падаютъ подвѣшенныя гири, разъ мы ихъ отпустили. Прежде это вещество было зарядомъ ружейнаго пороха, теперь оно пыль и газъ; если хотятъ произвести новый взрывъ, необходимо, чтобы опредѣленная сила разложила продукты перваго взрыва и помѣстила атомы въ тѣ же относительныя положенія, въ какихъ они были до выстрѣла. Съ точки зрѣнія механики работа подобна той, которую мы производимъ, поднимая упавшіе грузы и помѣщая ихъ на верхнія полки или вѣшая ихъ на крючки, такъ что они готовы упасть при первомъ случаѣ.

Такъ же нужно смотрѣть на теплоту, происходящую отъ сгоранія обыкновеннаго топлива. Теплота возникаетъ вслѣдствіе сближенія частицъ. Обыкновенно это—частицы, съ одной стороны, кислорода, съ другой,—углерода и водорода. Раньше онѣ были раздѣлены; затѣмъ вступили въ соединенія, благодаря воздѣйствію нѣкоторой силы.

То же самое можно сказать о силѣ животныхъ. Всѣ изслѣдованія стремятся доказать, что съ точки зрѣнія механики тѣло животнаго представляетъ не болѣе, какъ крайне остроумную и дѣятельную машину. Съ ея помощью живой обитатель, управляющій ею, можетъ пользоваться энергіей, происходящею отъ принятой въ желудокъ пищи. Тѣло, разсматриваемое, какъ механизмъ, есть только машина,

въ которой желудокъ и легкія заступаютъ мѣсто топки и котла паровой машины, нервная система заступаетъ мѣсто клапановъ, а мускулы—мѣсто цилиндра.

Какимъ образомъ личность, заключенная внутри этого тѣла, личность желающая и дѣйствующая связана съ этою системою клапановъ,—связана такъ, что опредѣляетъ движенія тѣла, въ которомъ находится? Это — неисповѣдимая тайна жизни. Тѣмъ не менѣе факты въ этомъ случаѣ остаются фактами, хотя и необъяснимыми.

Гдѣ-же источникъ энергіи, поднимающей воду отъ моря къ вершинѣ горы, разлагающей углекислоту атмосферы и растительныя пищевыя вещества почвы, созидающей углеводороды и прочія топлива животной и растительной тканей? Главнымъ образомъ, въ лучахъ солнца. Я говорю главнымъ образомъ, потому что, конечно, свѣтъ и теплота звѣздъ, ударъ метеоровъ и вѣроятное медленное сжатіе земли также являются источниками энергіи, также доставляютъ нѣкоторую часть ея. Но, въ сравненіи съ энергіей, происходящею отъ солнца, эта часть, вѣроятно, того-же порядка, какъ отношеніе свѣта звѣздъ къ солнечному свѣту [1]). Она такъ мала, что стоитъ лишить землю солнечныхъ лучей на одинъ только мѣсяцъ, и всякая дѣятельность на земной поверхности, какъ мы говорили раньше, совершенно прекратится.

Естественно поэтому, что новѣйшая наука придаетъ большое значеніе солнцу. Изученіе явленій и отношеній, связанныхъ съ солнцемъ, должно представлять предметъ величайшаго интереса. Такъ и было, особенно въ послѣднія пятьдесятъ лѣтъ: открытіе періодичности солнечныхъ пятенъ, сдѣланное въ 1851 году Швабе; развитіе спектральнаго анализа между 1854 и 1870 годами; наблюденія затменій съ 1860 года; изслѣдованія Кэррингтона, Геггинса, Делярю, Локіера, Жансена, Секки, Фогеля, Ланглея, Хэля и другихъ; основаніе обсерваторій въ Потсдамѣ и Медонѣ — все это показываетъ, съ какимъ рвеніемъ астрономы отдались наукѣ о солнцѣ, сколько открытій сдѣлано уже въ этой области. Прежде чѣмъ входить въ болѣе глубокое обсужденіе нашего предмета, полезно будетъ вкратцѣ изложить здѣсь нѣсколько наиболѣе важныхъ и очевидныхъ фактовъ, относящихся къ солнцу, вмѣстѣ со взглядами, принятыми, вообще, въ настоящее время относительно строенія солнца.

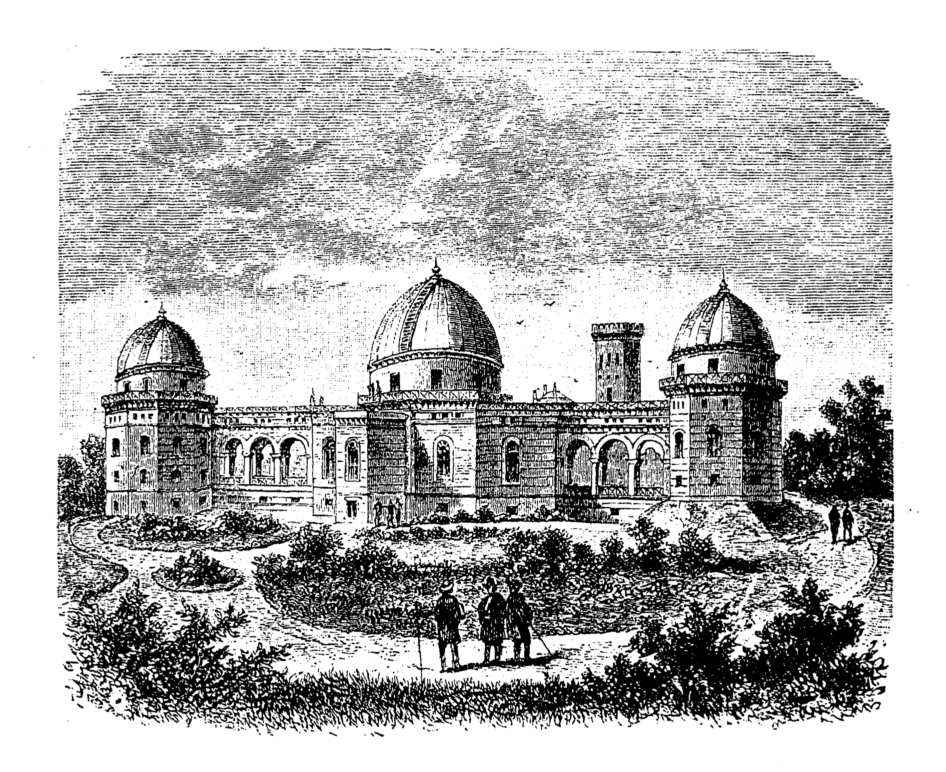
Для небольшаго числа глазъ, способныхъ смотрѣть на солнце прямо и переносить его блескъ не жмурясь, солнце представляетъ видъ круглаго бѣлаго диска немного болѣе полуградуса въ діаметрѣ. Слѣдовательно, если бъ помѣстили одинъ около другого 700 солнечныхъ дисковъ, этотъ рядъ могъ бы охватить почти весь

---

[1]) Пулье около 1838 года пришелъ къ выводу, совершенно несогласному съ нашимъ. Изъ своихъ актинометрическихъ наблюденій онъ вывелъ, что «температура пространства» равна — 142° Цельсія, т. е., на 130° Цельсія выше абсолютнаго нуля. Онъ вычислилъ, что для сохраненія этой температуры, — 142° Цельсія, звѣзды и пространство должны, въ общемъ, доставлять землѣ, приблизительно, 85% того количества теплоты, какое даетъ солнце. Его вычисленія однако основаны на предположеніяхъ относительно законовъ охлажденія и лучеиспусканія, которыя нынѣ не считаются точными; онъ не принялъ надлежащимъ образомъ въ разсчетъ вліянія водянаго пара въ воздухѣ, вліянія, значеніе котораго было обнаружено изслѣдованіями Тиндаля и Магнуса 20 слишкомъ лѣтъ спустя. Въ настоящее время допускаютъ, вообще, что его результатъ не можетъ быть принятъ.

горизонтъ. Если не пользоваться трубою, поверхность солнца обыкновенно кажется однообразною; только близъ края она становится темнѣе; кромѣ того, отъ времени до времени замѣчаются на дискѣ темныя пятна. Нѣтъ ничего во внѣшнемъ видѣ солнца, что могло бы дать представленіе объ истинномъ его разстояніи. Пока это разстояніе неизвѣстно, нельзя, конечно, получить никакого вывода относительно размѣровъ солнца. Но теплота его лучей очевидна, и задолго до открытія телескоповъ и термометровъ люди пришли къ заключенію, что солнце не что иное, какъ огромный огненный шаръ.

Будемъ наблюдать солнце ежедневно въ теченіе цѣлаго года. Начнемъ съ 9 (21) марта. Мы замѣтимъ, что съ каждымъ полуднемъ солнце поднимается все выше и выше. Это будетъ длиться приблизительно до 10 (22) іюня. Въ теченіе



1. **Астрофизическая обсерваторія въ Потсдамѣ.**

нѣсколькихъ дней сряду солнце достигаетъ одной и той же высоты на южной сторонѣ неба. Затѣмъ оно начинаетъ спускаться въ направленіи къ югу—съ каждымъ полуднемъ все ниже и ниже. 10 (22) сентября оно проходитъ на той же высотѣ, какъ 9 марта. Продолжая опускаться, оно достигаетъ, наконецъ, наибольшей близости къ южной точкѣ горизонта; это бываетъ 9 (21) декабря. Съ этого момента солнце поворачиваетъ къ сѣверу; оно поднимается, пока не вернется въ точку отправленія, и пока день снова не сравняется съ ночью.

Если бы въ то же время мы наблюдали по ночамъ звѣзды, мы увидѣли бы, что съ каждымъ мѣсяцемъ созвѣздія мѣняются. Сдѣлалось бы очевиднымъ, что солнце проходитъ между ними, направляясь къ востоку и вмѣстѣ съ тѣмъ отклоняясь то къ сѣверу, то къ югу. Дѣйствительно, въ теченіе года солнце движется вокругъ сферы небесной по окружности большого круга, наклоненнаго къ экватору приблизительно на $23^1/_2{}^0$. Этотъ кругъ названъ эклиптикой *), кругомъ затменій, потому что солнечныя и лунныя затменія происходятъ только тогда, когда луна приближается къ нему во время новолунія или полнолунія.

Въ этомъ движеніи нѣтъ ничего, что само по себѣ могло бы выяснить вопросъ, отчего происходитъ оно: отъ дѣйствительнаго движенія солнца вокругъ земли, или отъ движенія земли вокругъ солнца. Въ настоящее время каждый, конечно, знаетъ, что въ дѣйствительности движется земля. Внимательное наблюденіе показываетъ, что путь земли не совершенно круговой или, по крайней мѣрѣ, что солнце приходится не въ центрѣ этого пути, потому что отъ весенняго равноденствія до осенняго проходитъ 186 дней, а отъ осенняго равноденствія до весенняго только 179 дней.

Все это было извѣстно древнимъ. Кромѣ того, они знали, что разстояніе между солнцемъ и землею во много разъ больше разстоянія, отдѣляющаго насъ отъ луны. Это все, что можно узнать безъ помощи трубы и точныхъ инструментовъ.

Новая астрономія ушла значительно дальше. Мы знаемъ теперь, что среднее разстояніе солнца отъ земли — около 150 000 000 километровъ. Слѣдовательно, діаметръ солнца равенъ почти 1 400 000 километровъ. Если массу солнца сравнить съ массою земли, окажется, что въ солнцѣ содержится приблизительно въ 330 000 разъ больше вещества, чѣмъ въ землѣ. Сопоставимъ этотъ результатъ съ огромнымъ объемомъ солнца; станетъ ясно, что средняя плотность его только въ $1^1/_4$ раза больше плотности воды; другими словами, масса солнца почти въ $1^1/_4$ раза больше массы водяного шара тѣхъ-же размѣровъ, какъ солнце.

Видимая поверхность солнца получила названіе фотосферы. Наблюдая пятна, которыя по временамъ появляются на ней, мы установили, что солнце дѣлаетъ оборотъ около оси въ $25^1/_4$ дней. Во время полныхъ затменій, когда средина солнечнаго диска покрыта луною, представляется случай наблюдать извѣстныя явленія, происходящія на краяхъ диска и невидимыя въ другое время. Можно различить, что надъ свѣтящейся поверхностью простирается слой газообразнаго вещества розоваго цвѣта; Франклэндъ и Локіеръ нѣсколько лѣтъ тому назадъ дали ему названіе хромосферы. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ большія массы этого хромосфернаго вещества поднимаются на значительную высоту надъ общимъ уровнемъ. Они похожи тогда на огненныя облака. Имъ дано названіе выступовъ или протуберанцевъ.

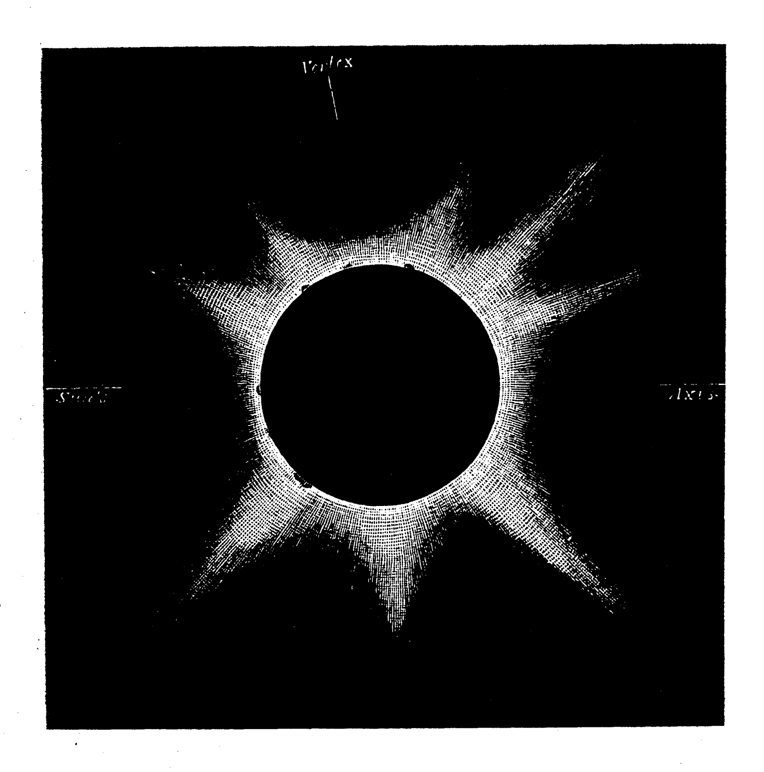
Внѣ хромосферы лежитъ таинственная корона. Это—неправильный кругъ слабаго жемчужнаго свѣта; въ немъ можно различить лучеобразныя нити и струи, которыя тянутся на огромное разстояніе, часто болѣе, чѣмъ на $1^1/_2$ милліона километровъ отъ солнца.

Спектроскопъ учитъ насъ, что элементы, которые въ нижнихъ частяхъ солнечной атмосферы существуютъ въ состояніи пара, это — большею частью металлы, извѣстные намъ на землѣ. Спектроскопъ показываетъ далѣе, что хромосфера и выступы

*) Отъ греческаго слова ἔκλειψις, затменіе.

состоятъ преимущественно изъ водорода и гелія; наконецъ, онъ же позволяетъ наблюдать ихъ даже тогда, когда солнце не закрыто луной. До сихъ поръ спектроскопъ не могъ раскрыть тайну короны; извѣстно только, что въ составъ ея входитъ неизвѣстный газъ, приведенный въ состояніе непостижимаго разрѣженія.

Пиргеліометръ и актинометръ даютъ намъ мѣру теплоты, испускаемой солнцемъ. Благодаря имъ, узнали, что его пламя доставляетъ въ 7 или 8 разъ больше жару, чѣмъ какой бы то ни было горнъ, извѣстный въ техникѣ. Теплота, испускаемая солнцемъ, могла-бы въ одну секунду расплавить слой льда, имѣющій болѣе



2. **Корона.**

35 сантиметровъ толщины и покрывающій всю поверхность солнца. Это все равно, какъ если-бы въ каждую минуту на поверхности солнца сгоралъ слой лучшаго антрацита болѣе $12^1/_2$ сантиметровъ толщиною.

Сопоставляя только что изложенные факты, большинство астрономовъ сходится въ слѣдующихъ выводахъ касательно строенія солнца:

1. Центральная часть его представляетъ, вѣроятно, массу газовъ крайне высокой температуры.

2. Фотосфера это—оболочка изъ свѣтящихся облаковъ; они образуются вслѣдствіе охлажденія и сгущенія паровъ, на которые дѣйствуетъ холодъ внѣшняго пространства.

ТАБЛИЦА I.



Солнце

съ пятнами, хромосферою и протуберанцами.

По Трувело.

3. Хромосфера состоитъ преимущественно изъ постоянныхъ газовъ (особенно водорода), которые остаются послѣ образованія облаковъ фотосферы. Между этими газами и облаками фотосферы почти такое же соотношеніе, какъ между кислородомъ и азотомъ земной атмосферы и носящимися въ ней облаками.

4. Корона еще не получила никакого общепринятаго объясненія. До извѣстной степени она, навѣрное, представляетъ истинную часть солнца; весьма возможно также, что существуетъ нѣкоторая связь между нею и метеорами.

I.

Разстояніе и размѣры солнца.

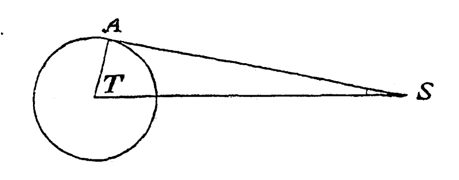
Важность задачи.—Опредѣленіе параллакса.—Опредѣленіе параллакса Аристархомъ.—Разные употребительные способы.—Наблюденія Марса и ближайшихъ астероидовъ.—Прохожденіе Венеры.—Наблюденія контактовъ и фотографія.—Опредѣленіе солнечнаго параллакса по скорости свѣта;—по луннымъ и планетнымъ возмущеніямъ.—Иллюстраціи громадности разстоянія солнца.—Діаметръ солнца.—Масса и плотность солнца.

Какъ опредѣлить разстояніе солнца? Это—одна изъ важнѣйшихъ и труднѣйшихъ задачъ всей астрономіи. Важность ея объясняется тѣмъ, что это разстояніе,—радіусъ земной орбиты,—представляетъ базисъ, съ помощью котораго мы измѣряемъ всѣ другія небесныя разстоянія, исключая только разстояніе луны. Ошибка при опредѣленіи этого базиса передается по всѣмъ направленіямъ чрезъ все пространство, искажая пропорціональною погрѣшностью всякую измѣренную линію, разстояніе каждой звѣзды, радіусъ каждой орбиты, діаметръ каждой планеты.

Опредѣленіе массъ небесныхъ тѣлъ также зависитъ отъ знанія разстоянія между солнцемъ и землею. Количество вещества въ звѣздѣ или въ планетѣ опредѣляется вычисленіями; къ основнымъ даннымъ, необходимымъ для нихъ, относится разстояніе между изслѣдуемымъ тѣломъ и нѣкоторымъ другимъ тѣломъ, движеніемъ котораго оно управляетъ. Это разстояніе входитъ въ вычисленія, вообще, въ третьей степени. Поэтому стоитъ допустить малѣйшую ошибку въ разстояніи, въ результатъ вкрадывается погрѣшность, превышающая ее болѣе, чѣмъ въ три раза. Если разстояніе солнца опредѣлено съ ошибкою, равною 1%, при опредѣленіи каждой небесной массы и каждой космической силы окажется погрѣшность болѣе, чѣмъ въ 3%.

Ошибка въ этой основной единицѣ отражается на времени такъ-же, какъ на пространствѣ и массѣ. Чтобы вычислить взаимное вліяніе планетъ на ихъ движенія, необходимо точное знаніе ихъ массъ и разстояній. Если бы наши данныя были точными, мы могли бы съ помощью этихъ вычисленій предсказать для всякой будущей эпохи или воспроизвести для каждой минувшей эпохи взаимное расположеніе планетъ и положеніе ихъ орбитъ. Для рѣшенія многихъ интересныхъ задачъ геологіи и естественной исторіи требуется повидимому именно такое опредѣленіе вида и положенія земной орбиты въ прошедшіе вѣка.

Малѣйшая же неточность въ данныхъ, едва вліяя на результатъ для эпохъ, ближайшихъ къ намъ, влечетъ за собой ошибку, возростающую съ отдаленіемъ отъ современной эпохи. Какъ ни мала существующая нынѣ погрѣшность въ разстояніи солнца, ея достаточно, чтобы сдѣлать сомнительными выводы изъ подобныхъ выкладокъ во всѣхъ случаяхъ, когда вычисленія обнимаютъ болѣе нѣсколькихъ тысячъ вѣковъ. Допустимъ, напримѣръ, что, въ результатѣ вычисленій съ принятыми данными, мы нашли, будто два милліона лѣтъ тому назадъ эксцентриситетъ земной орбиты имѣлъ наибольшую величину, а положеніе перигелія было такое, что разстояніе между солнцемъ и землею было наименьшимъ какъ разъ въ то время, когда на сѣверномъ полушаріи господствовала зима. Это именно тѣ условія, которыя, какъ полагаютъ, могли-бы произвести ледяной періодъ въ южномъ полушаріи. Легко можетъ случиться, что наши результаты окажутся противоположными истинѣ, и что указанное положеніе вещей имѣло мѣсто только чрезъ десять тысячъ лѣтъ послѣ обозначенной эпохи. Все это — только потому, что въ нашемъ вычисленіи солнечное разстояніе или солнечный параллаксъ, которымъ измѣряется это разстояніе, взяты на $^1/_2$% больше или меньше истинной величины. Въ дѣйствительности, этотъ солнечный параллаксъ входитъ почти во всѣ астрономическія вычисленія, начиная съ тѣхъ вычисленій, которыя относятся къ звѣзднымъ системамъ и устройству вселенной, и кончая тѣми, цѣль которыхъ предсказать мѣсто луны, чтобы найти долготу на морѣ.



3. **Параллаксъ солнца.**

Едва ли нужно говорить, что опредѣленіе солнечнаго параллакса составляетъ первый шагъ къ какому бы то ни было познанію размѣровъ и строенія солнца.

Этотъ „параллаксъ" солнца есть просто угловой радіусъ земли, видимый съ солнца. Можно опредѣлить его еще иначе: это—уголъ между двумя линіями, проведенными къ солнцу—одна изъ центра земли, другая изъ той точки земной поверхности, гдѣ солнце готово подняться надъ горизонтомъ.

Размѣры земли мы знаемъ съ большою точностью. Ея средній экваторіальный радіусъ, по послѣднему опредѣленію Харкнесса, вполнѣ согласному, впрочемъ, съ предшествующими опредѣленіями, равенъ 6 377, 972 километрамъ; ошибка едва-ли превышаетъ $^1/_{25\,000}$ всей величины; слѣдовательно, радіусъ можетъ быть только на 250 метровъ больше или меньше. Если мы знаемъ, какъ велика кажется земля, когда на нее смотрятъ изъ опредѣленной точки, или, говоря технически, если мы знаемъ параллаксъ этой точки, разстояніе точки можно найти при помощи очень легкой выкладки. Для этого нужно: число 206 265 *) помножить на

*) Число 206 265 это—длина радіуса, если ее выразить въ секундахъ окружности. Представимъ шаръ съ діаметромъ въ 1 футъ или 0, 3048 метра; удалимся отъ него на 206 265 футовъ или 62 867 метровъ; тогда его видимый діаметръ будетъ равняться 1 секундѣ. Если видимый діаметръ шара равенъ 10 секундамъ, это значитъ, что его разстояніе въ данномъ случаѣ въ 10 разъ меньше, чѣмъ въ предыдущемъ.

радіусъ земли, затѣмъ произведеніе раздѣлить на параллаксъ, выраженный въ секундахъ дуги.

Для солнца крайне трудно найти параллаксъ съ достаточною точностью: онъ слишкомъ малъ; онъ меньше 9″ и, почти навѣрное, заключается между 8″,75 и 8″,85. Но эта сомнительная десятая доля секунды превосходитъ $^1/_{100}$ величины всего параллакса. Нужно помнить, что такое уголъ въ $^1/_{10}$ секунды: помѣстимъ волосъ на разстояніи 250 метровъ или 800 футовъ отъ глаза; отъ концовъ его діаметра проведемъ двѣ линіи, сходящіяся въ глазу; онѣ составятъ уголъ приблизительно въ $^1/_{10}$ секунды. Если предположимъ параллаксъ равнымъ 8″,80, что, вѣроятно, очень близко къ истинѣ, то разстояніе солнца будетъ 149 480 000 километровъ. Измѣненіе параллакса въ ту или другую сторону на $^1/_{20}$ секунды измѣнитъ разстояніе почти на милліонъ километровъ.

Когда землемѣръ хочетъ узнать разстояніе недоступнаго предмета, онъ измѣряетъ соотвѣтствующій базисъ и опредѣляетъ направленіе предмета съ обоихъ концовъ базиса. Онъ сочтетъ себя крайне несчастнымъ, если у него не будетъ базиса, длина котораго равнялась-бы, по меньшей мѣрѣ, 0,1 измѣряемаго разстоянія. Между тѣмъ весь діаметръ земли меньше, чѣмъ $^1/_{11\,000}$ разстоянія солнца. Астрономъ находится въ положеніи землемѣра, которому надо измѣрять разстояніе предмета, удаленнаго на 16 километровъ, въ то время какъ базисъ не превышаетъ $1^1/_2$ метра. Въ этомъ то и заключается трудность задачи.

Понятно, нѣтъ надежды рѣшить ее непосредственными наблюденіями, какъ это сдѣлано для луны, которая удалена всего на 30 земныхъ діаметровъ. Что касается луны, наблюденія, сдѣланныя въ двухъ точкахъ, значительно удаленныхъ по широтѣ, какъ Берлинъ и Мысъ Доброй Надежды, или Вашингтонъ и Сантъ-Яго, опредѣляютъ параллаксъ и разстояніе съ достаточною точностью. Но если бы наблюденія той-же точности были произведены надъ солнцемъ (что невозможно, такъ какъ солнечная теплота разстроиваетъ установку инструмента), они показали бы только, что параллаксъ солнца заключается между 8″ и 10″, а его разстояніе между 202 000 000 и 132 000 000 километровъ.

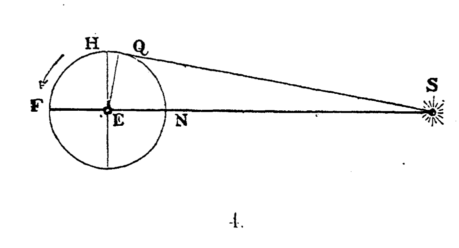
Поэтому астрономы были вынуждены примѣнять косвенные методы, основанные на различныхъ началахъ: въ однихъ случаяхъ производились наблюденія надъ ближайшими планетами, въ другихъ вычислялись неправильности или такъ называемыя возмущенія въ движеніи луны и планетъ, въ третьихъ—изслѣдовалась скорость свѣта.

Еще до христіанской эры Аристархъ Самосскій придумалъ способъ, столь остроумный и изящный въ теоріи, что по справедливости заслуживалъ успѣха и достигъ-бы успѣха, если бы можно было произвести съ достаточною точностью необходимыя для этой цѣли наблюденія.

Мысль Аристарха была слѣдующая: тщательно наблюдать число часовъ, протекающихъ между новолуніемъ и первою четвертью, а также между первою четвертью и полнолуніемъ. Первый промежутокъ долженъ быть короче второго; разность покажетъ, во сколько разъ разстояніе солнца отъ земли больше разстоянія луны. Это станетъ ясно изъ рисунка 4.

Луна достигаетъ первой четверти или появляется въ видѣ полукруга, когда она приходитъ въ точку Q, гдѣ линіи, проведенныя отъ луны къ солнцу и землѣ,

перпендикулярны другъ къ другу. Такъ какъ уголъ HEQ=ESQ, отсюда слѣдуетъ, что HQ есть такая же дробь отъ HE, какъ QE отъ ES (т. е. $\frac{HQ}{HE}=\frac{QE}{ES}$). Такимъ образомъ, если мы можемъ найти HQ, мы будемъ знать отношеніе QE къ ES. Аристархъ полагалъ, что первая четверть мѣсяца (отъ N до Q) почти на 12 часовъ короче второй; отсюда онъ вычислилъ, что солнце приблизительно въ 19 разъ дальше луны. Главная трудность состоитъ въ невозможности точно опредѣлить моментъ, когда дискъ луны раздѣленъ какъ разъ пополамъ. Объясняется это отчасти тѣмъ, что поверхность луны покрыта неровностями, отчасти-же тѣмъ, что солнце не представляетъ простой точки, какъ на рисункѣ: діаметръ у него почти вдвое больше, чѣмъ у лунной орбиты. Граница между свѣтомъ и тѣнью, такъ называемый терминаторъ, и неправильна, и плохо опредѣлена. Дѣйствительная разность между первою и второю четвертями вовсе не 36 минутъ; разстояніе-же солнца не въ 19, а приблизительно въ 400 разъ больше разстоянія луны. Несмотря на это, больше 1500 лѣтъ выводъ Аристарха стоялъ внѣ сомнѣнія, потому что былъ принятъ Гиппархомъ и Птоломеемъ. Различные методы, на которыхъ основано настоящее знаніе солнечнаго разстоянія, могутъ быть расположены въ слѣдующемъ порядкѣ:



4.

1. Наблюденія планеты Марса близъ противостоянія. Они — двухъ родовъ:

а) Наблюденія склоненія планеты, сдѣланныя съ мѣстъ, весьма удаленныхъ по широтѣ.

в) Наблюденія прямаго восхожденія планеты при ея восходѣ или закатѣ. Наблюденія производятся съ одного мѣста. Этотъ способъ извѣстенъ подъ именемъ способа Флэмстида или Бонда.

2. Наблюденія Венеры во время нижнихъ соединеній или около этого момента:

а) Наблюденія ея разстоянія отъ малыхъ звѣздъ, причемъ оно измѣряется въ мѣстахъ весьма различной широты.

в) Наблюденія прохожденій планеты, которыя можно произвести: 1. отмѣчая продолжительность прохожденія въ мѣстахъ весьма удаленныхъ одно отъ другого; 2. отмѣчая истинное Гринвичское время соприкосновенія планеты съ краемъ солнца; 3. измѣряя разстояніе планеты отъ солнечнаго края съ помощью соотвѣтствующаго микрометрическаго прибора; 4. фотографируя прохожденіе и измѣряя затѣмъ полученные снимки.

3. Наблюденія противостояній ближайшихъ астероидовъ. Примѣняются тѣ-же пріемы, какъ при изученіи противостояній Марса.

4. Изслѣдованіе такъ называемаго параллактическаго неравенства луны.

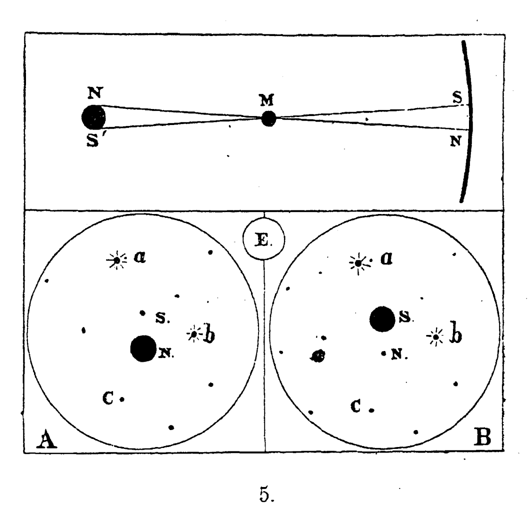
5. Изслѣдованіе мѣсячнаго уравненія въ движеніи солнца.

6. Изслѣдованія планетныхъ возмущеній, которыя позволяютъ намъ вычислить отношенія между массами планетъ и солнца и, слѣдовательно, ихъ разстоянія; это — способъ Леверрье.

7. Измѣреніе скорости свѣта и сравненіе результата а) съ „уравненіемъ свѣта“ между землей и солнцемъ или в) съ „постоянною аберраціи“.

Цѣль и предѣлы нашего сочиненія не требуютъ, конечно, или не позволяютъ какого бы то ни было исчерпывающаго изслѣдованія этихъ различныхъ способовъ, но нѣкоторые изъ нихъ заслуживаютъ нѣсколькихъ моментовъ вниманія.

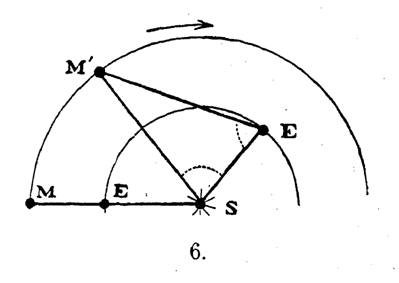
Первые три способа, извѣстные подъ именемъ тригонометрическихъ, основаны на одной и той же общей мысли: найти истинное разстояніе одной изъ ближайшихъ планетъ, наблюдая ея перемѣщеніе въ небѣ изъ удаленныхъ другъ отъ друга точекъ земной поверхности. Относительныя разстоянія планетъ могутъ быть легко найдены нѣсколькими различными способами *) и извѣстны съ весьма большою точностью: даже въ самыхъ неблагопріятныхъ случаяхъ возможная ошибка едва достигаетъ $\frac{1}{10\ 000}$. Иными словами, для всякаго момента мы можемъ начертить чрезвычайно точную карту солнечной системы. Одинъ только вопросъ подлежитъ здѣсь рѣшенію: вопросъ о масштабѣ. Стоитъ опредѣлить одну только линію, —и масштабъ будетъ установленъ. Для этой цѣли любая линія такъ же хороша, какъ всякая другая; такъ, достаточно измѣрить разстояніе между землею и планетой Марсомъ, чтобы опредѣлить всѣ измѣренія системы.



5.

Рис. 5. иллюстрируетъ способъ наблюденія. Предположимъ, что одинъ наблюдатель помѣщенъ близъ сѣвернаго полюса земли, а другой близъ южнаго. Если оба

*) Еще со временъ Гиппарха извѣстенъ способъ, дающій возможность опредѣлить относительныя разстоянія: 1) планеты отъ солнца и 2) земли отъ планеты и солнца. Сначала надо наблюдать моментъ, когда планета — въ противостояніи, т. е., когда солнце, земля и планета находятся на прямой линіи; это положеніе изображено на рисункѣ 6. гдѣ планета и земля означены буквами M и E. Затѣмъ, чрезъ извѣстный промежутокъ времени, скажемъ чрезъ сто дней, когда планета ушла впередъ въ M′, а земля въ E′, нужно наблюдать элонгацію планеты отъ солнца, т. е., уголъ M′ E′ S. Время обращенія земли и планеты извѣстно; поэтому мы будемъ знать уголъ M S M′, на который въ теченіе ста дней подвинулась планета, а также уголъ E S E′, описанный за тотъ-же промежутокъ времени землей. Разность есть уголъ M′ S E′, часто называемый синодическимъ угломъ. Слѣдовательно, въ треугольникѣ M′ S E′ мы знаемъ: уголъ при точкѣ E′, данный прямымъ измѣреніемъ, и уголъ M′ S E′, извѣстный, какъ мы установили выше. Отсюда обыкновенными средствами тригонометріи мы можемъ найти относительныя величины всѣхъ трехъ сторонъ треугольника M′ S E′.



6.

смотрятъ на планету, сѣверный наблюдатель увидитъ ее въ точкѣ N (см. верхнюю половину рис.), въ то-же время другой будетъ видѣть ее въ S. Если сѣверный наблюдатель видитъ планету въ A (см. нижнюю часть рисунка), южный увидитъ ее въ то-же самое время въ B. Тщательно измѣряя въ каждомъ мѣстѣ наблюденія видимое разстояніе между планетою и нѣсколькими малыми звѣздами (a, b, c), которыя появляются въ полѣ зрѣнія, мы можемъ точно опредѣлить величину перемѣщенія. Рисунокъ сдѣланъ по масштабу. Кругъ E представляетъ величину земли, видимой съ Марса, когда эта планета находится въ ближайшемъ отъ насъ разстояніи. Черный кружокъ представляетъ въ томъ-же масштабѣ видимую величину планеты. Разстояніе между точками N и S на рисункѣ A или на рисункѣ B изображаетъ также въ томъ же масштабѣ перемѣну въ положеніи планеты, которая произойдетъ, если наблюдатель перемѣстится изъ Вашингтона въ Сантъ-Яго или обратно.

Первая новѣйшая попытка опредѣлить солнечный параллаксъ по этому способу была сдѣлана въ 1670 году, когда французская Академія наукъ послала Ришера наблюдать противостояніе Марса въ Кайеннѣ, между тѣмъ какъ Кассини, предложившій экспедицію, Ремеръ и Пикаръ наблюдали его во Франціи. Когда сравнили результаты, оказалось, что при существующихъ средствахъ наблюденія перемѣщеніе планеты незамѣтно. Отсюда наблюдатели заключили, что параллаксъ планеты не больше одной полуминуты дуги, слѣдовательно, параллаксъ солнца не больше 10″.

Въ 1752 году подобныя наблюденія были произведены на Мысѣ Доброй Надежды Лакайлемъ. Сравненіе ихъ съ соотвѣтствующими наблюденіями, сдѣланными въ Европѣ, показало, что инструменты настолько усовершенствовались, что перемѣщеніе планеты сдѣлалось вполнѣ замѣтнымъ. Лакайль приписалъ солнечному параллаксу величину въ 10″, что отвѣчаетъ разстоянію около 132 000 000 километровъ.

Этотъ способъ часто примѣнялся въ новѣйшее время. Съ наибольшею выгодою можно употреблять его, когда во время „противостоянія“ планета оказывается близъ своего перигелія, а земля близъ своего афелія, потому что тогда разстояніе между Марсомъ и землей наименьшее, какое только возможно. Эти благопріятныя противостоянія случаются позднимъ лѣтомъ или раннею осенью, приблизительно, одинъ разъ въ 15 лѣтъ. Такъ было въ 1847, 1862, 1877 и 1892 годахъ.

Меридіанныя наблюденія, которыя доставляютъ матеріалъ для способа 1a и которымъ до самаго послѣдняго времени отводилось первое мѣсто, кажутся ненадежными по нѣкоторымъ причинамъ, связаннымъ, быть можетъ, съ краснымъ цвѣтомъ планеты. Какъ бы то ни было, онѣ постоянно даютъ для параллакса величину почти на одинъ процентъ больше, чѣмъ другіе способы; между показаніями ихъ больше разницы, чѣмъ при другихъ способахъ.

Съ другой стороны, способъ Флэмстида стоитъ очень высоко, въ особенности, если видоизмѣнить его такъ, чтобы воспользоваться содѣйствіемъ многочисленныхъ наблюдателей, размѣщенныхъ въ различныхъ странахъ. Хотя способъ Флэмстида впервые былъ придуманъ много лѣтъ тому назадъ, однако при существовавшихъ въ то время инструментахъ онъ далъ очень незначительные результаты. Онъ былъ почти забытъ, пока экспедиція Джилля на островъ Вознесенія въ 1877 году не обнаружила его истиннаго значенія.

Инструментомъ Джилля былъ „геліометръ“, одолженный для этого случая лордомъ Линдсей. Этотъ инструментъ состоитъ, въ сущности, изъ трубы, объективъ которой раздѣленъ на два полукруглыхъ куска; они могутъ скользить другъ по другу. Каждая половина чечевицы даетъ свое собственное изображеніе изслѣдуемаго предмета; при извѣстномъ расположеніи половинъ чечевицы изображенія двухъ сосѣднихъ звѣздъ могутъ совпасть. Разъ мы знаемъ перемѣщеніе двухъ чечевицъ, которое можетъ быть измѣрено посредствомъ какой-нибудь точной шкалы,—угловое разстояніе между звѣздами можно опредѣлить съ точностью, немыслимою ни при какомъ другомъ способѣ. Это—инструментъ нѣжный и сложный, но въ рукахъ опытнаго наблюдателя онъ заслуживаетъ полнаго довѣрія. Съ помощью такого то геліометра Бессель въ 1838 году впервые изслѣдовалъ междузвѣздное пространство, измѣривъ годичный параллаксъ *) и разстояніе звѣзды 61 Лебедя.

Наблюденія Джилля состояли въ измѣреніяхъ истиннаго разстоянія между планетой и звѣздами, лежащими близъ ея пути, затѣмъ разстояній между самими звѣздами. Главныя обсерваторіи также приняли участіе въ этомъ дѣлѣ, опредѣляя съ наибольшею возможною точностью абсолютныя мѣста звѣздъ. Слишкомъ много мѣста заняло бы полное объясненіе, какимъ образомъ изъ такихъ наблюденій съ точностью опредѣлить солнечный параллаксъ. Благодаря параллаксу, всегда кажется, что свѣтило расположено на небѣ ниже, чѣмъ на самомъ дѣлѣ. Ясно, что при восходѣ планеты дѣйствіемъ параллакса вызывается видимое перемѣщеніе планеты къ востоку. Когда же Марсъ на западѣ, кажущееся перемѣщеніе тоже западное. Сравнивая измѣренія, сдѣланныя во всякіе часы ночи въ теченіе нѣсколькихъ послѣдовательныхъ недѣль, мы можемъ съ крайней точностью раздѣльно опредѣлить: съ одной стороны правильное движеніе планеты по орбитѣ, съ другой величину этого суточнаго параллактическаго движенія. Какъ окончательный результатъ всей операціи, Джилль получилъ для солнечнаго параллакса величину $8'',780 \pm 0'',020$.

Нѣкоторыя изъ малыхъ планетъ или астероидовъ, которыя имѣютъ очень эксцентрическія орбиты, по временамъ такъ близко подходятъ къ намъ во время противостоянія, что могутъ быть съ выгодой наблюдаемы тѣмъ же способомъ. Онѣ никогда не приближаются такъ, какъ Марсъ; зато онѣ настолько меньше его, что кажутся совершенно похожими на звѣзды и могутъ быть наблюдаемы геліометромъ значительно точнѣе, чѣмъ планета, представляющая дискъ. Совсѣмъ недавно, въ 1889 и 1890 годахъ, была выполнена стройная система наблюденій надъ астероидами Викторіей, Ирисъ и Сафо. Наблюдатели: Джилль, нынѣ королевскій астрономъ на Мысѣ Доброй Надежды; Элькинъ изъ обсерваторіи Іэльскаго Колледжа, обладающій прекраснымъ геліометромъ,—онъ въ точности похожъ на геліометръ Джилля и является единственнымъ въ Соединенныхъ Штатахъ;—затѣмъ два или три германскихъ наблюдателя съ меньшими инструментами. Результаты были очень удовлетворительными: они располагались между $8,''796$ и $8'', 825$; среднее значеніе—$8'',807$ съ вѣроятною ошибкой только въ $0'',006$.

---

*) «Годичный» или «геліоцентрическій» параллаксъ звѣзды не то, что ея горизонтальный параллаксъ. Послѣдній это—угловой радіусъ земли, видимый со звѣзды. Годичный-же параллаксъ это—полудіаметръ земной орбиты, видимый со звѣзды; приблизительно, онъ въ 12000 разъ больше горизонтальнаго.

Насколько можно судить по подробностямъ, до сихъ поръ напечатаннымъ, за этимъ опредѣленіемъ должно признать превосходство надъ всѣми прочими въ томъ отношеніи, что оно, вѣроятно, свободно отъ постоянныхъ и систематическихъ ошибокъ и теоретическихъ затрудненій.

Въ наблюденіяхъ этого рода надъ Марсомъ или астероидами положеніе и перемѣщеніе планеты, наблюдаемыя съ различныхъ мѣстъ, опредѣляются по сосѣднимъ звѣздамъ. Между тѣмъ, когда Венера очень близка къ землѣ, ее можно наблюдать только днемъ; въ этомъ случаѣ сравненіе со звѣздами, вообще, совершенно невозможно. Но иногда во время нижняго соединенія Венера проходитъ предъ самымъ дискомъ солнца. Это явленіе называется „прохожденіемъ“ Венеры по диску солнца. Эти прохожденія крайне рѣдки. Въ настоящее время они происходятъ попарно. Два прохожденія, составляющія пару, раздѣлены 8 годами, тогда какъ промежутокъ времени, отдѣляющій одну пару отъ другой, равенъ либо 130, либо 113 годамъ. Прохожденія бываютъ или въ іюнѣ, или въ декабрѣ. Съ открытія телескопа до настоящаго времени наблюдалось шесть прохожденій: въ декабрѣ 1631 и 1639 г.; въ іюнѣ 1761 и 1769 г. и въ декабрѣ 1874 и 1882 годовъ. Ближайшая слѣдующая пара прохожденій будетъ въ іюнѣ 2004 и 2012 годовъ.

Въ этомъ случаѣ параллактическое перемѣщеніе планеты, видимое съ различныхъ мѣстъ, опредѣляется съ помощью такихъ наблюденій, что вычислитель получаетъ возможность съ точностью установить истинное разстояніе Венеры отъ солнечнаго центра и положеніе ея относительно этого центра въ любой данный моментъ.

Грегори въ 1663 году первый показалъ пользу такихъ наблюденій для опредѣленія параллакса. Но только чрезъ 15 лѣтъ Галлей обратилъ вниманіе астрономовъ на этотъ предметъ. Онъ основательно изучилъ вопросъ и показалъ, какимъ образомъ можно точно рѣшить задачу посредствомъ наблюденій, выполнимыхъ даже съ тѣми инструментами и знаніями, которыми располагали современные Галлею астрономы.

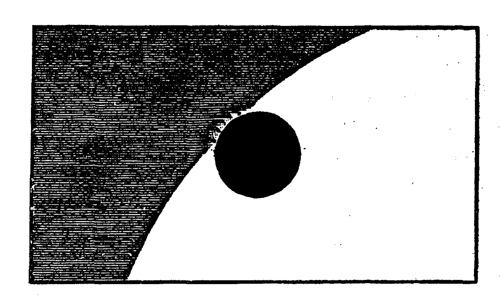
Съ этого времени въ теченіе цѣлыхъ двухъ столѣтій всѣ астрономы были согласны въ томъ, что никакой другой способъ при опредѣленіи разстоянія солнца не можетъ соперничать съ этимъ.

Прохожденія 1761 и 1769 годовъ были наблюдаемы во всѣхъ доступныхъ мѣстахъ земного шара. Для этой цѣли различными правительствами были отправлены спеціальныя экспедиціи. Многіе вычислители обработали различнымъ образомъ ряды этихъ наблюденій и получили для солнечнаго параллакса рядъ значеній, начиная съ 7″,5 и кончая 9″,2. Общая обработка всего матеріала, доставленнаго двумя прохожденіями, была прежде всего сдѣлана Энке въ 1822 году. Онъ получилъ величину 8″,5776; это, по его мнѣнію, результатъ наиболѣе вѣроятный. Въ теченіе 30 слишкомъ лѣтъ величина эта принималась всѣми астрономами, какъ наибольшее приближеніе къ истинѣ, какого только можно достигнуть.

Въ 1854 году Ганзенъ издалъ нѣкоторые изъ своихъ результатовъ, относящихся къ движенію луны, и объявилъ, что величина солнечнаго параллакса, данная Энке, не согласуется съ его изслѣдованіями. Въ теченіе слѣдующихъ 6 или 7 лѣтъ многія независимыя изысканія другихъ астрономовъ подтвердили заключенія Ганзена. Новѣйшія вычисленія, вновь сдѣланныя Повальки, Стономъ, Фаемъ и другими,

показали, что ошибки наблюденій въ 1769 году были такъ значительны, что на основаніи этого прохожденія можно сдѣлать только одинъ достовѣрный выводъ: солнечный параллаксъ заключается, по всей вѣроятности, между 8″,7 и 8″,9.

Способъ наблюденія, бывшій тогда въ употребленіи, состоялъ въ простой записи момента, когда край планеты приходитъ въ соприкосновеніе съ краемъ солнца. Замѣтить этотъ моментъ гораздо труднѣе, чѣмъ представляется съ перваго взгляда. Трудность зависитъ отчасти отъ недостатковъ оптическихъ инструментовъ и человѣческаго глаза, отчасти отъ самой природы свѣта, производящей извѣстное явленіе диффракціи, наконецъ, отчасти отъ дѣйствія атмосферы планеты. Двѣ первыя указанныя причины производятъ явленіе такъ называемой иррадіаціи, вслѣдствіе которой истинный діаметръ планеты, видимый на солнечномъ дискѣ, кажется меньше его дѣйствительной величины. Это уменьшеніе видимаго діаметра планеты измѣняется въ зависимости отъ величины трубы, отъ совершенства оптическихъ стеколъ, отъ цвѣта и яркости изображенія солнца. Край изображенія планеты становится также неяснымъ и слегка туманнымъ.



7. **Планета близъ края солнечнаго диска.**

Атмосфера планеты вызываетъ появленіе узкаго блестящаго кольца, окружающаго дискъ планеты. Оно дѣлается видимымъ задолго до того, какъ планета коснется солнца, и въ моментъ внутренняго соприкосновенія даетъ планетѣ такой видъ, который, хотя и въ увеличенномъ масштабѣ, стремится показать рис. 7.

Планета движется такъ медленно, что проходитъ мимо солнечнаго края только въ 20 минутъ. Если бъ даже край планеты представлялся совершенно рѣзкимъ и опредѣленнымъ и солнечный край не былъ искаженъ, всетаки опредѣлить съ точностью секунду, когда случилось соприкосновеніе, было-бы задачей весьма трудной. При настоящемъ-же положеніи вещей наблюдатели съ совершенно одинаковыми трубами, помѣщенные бокъ о бокъ другъ съ другомъ, несогласны между собою на 5 или 6 секундъ. Когда же трубы неодинаковы, различія и сомнѣнія гораздо больше. Объ этомъ затрудненіи можно судить изъ того простаго обстоятельства, что на основаніи всей массы наблюденій, полученныхъ различными англійскими экспедиціями въ 1874 году, различные вычислители вывели три значенія солнечнаго параллакса: Эри вычислилъ 8″,76; Тепманъ 8″,81 и Стонъ 8″,88. Эти различія зависятъ, главнымъ образомъ, отъ того, что наблюдатели даютъ различное объясненіе описанію явленій, замѣченныхъ ими въ полѣ. Въ 1882 году дѣло, можетъ быть, обстояло немного лучше, потому что многіе наблюдатели руководились опытомъ 1874 года. Профессоръ Ньюкомбъ изъ всѣхъ наблюденій внутренняго соприкосновенія двухъ прохожденій выводитъ для солнечнаго параллакса величину въ 8″,776±0″,023. Но многія изъ нѣсколькихъ сотъ наблюденій серьезно расходятся между собой.

Трудности дѣла выяснились въ полной мѣрѣ къ тому времени, когда дѣлались приготовленія наблюдать прохожденіе 1874 года. Астрономы относились съ большимъ довѣріемъ къ микрометрическимъ и фотографическимъ способамъ. Они свободны отъ этихъ особенныхъ затрудненій, хотя, разумѣется, не лишены другихъ. Однако астрономы надѣялись, что эти послѣднія окажутся менѣе грозными.

Всѣ многочисленныя экспедиціи, снаряженныя различными правительствами для наблюденія прохожденій 1874 и 1882 годовъ, были поэтому снабжены всѣмъ необходимымъ для примѣненія одного изъ этихъ способовъ или обоихъ вмѣстѣ.

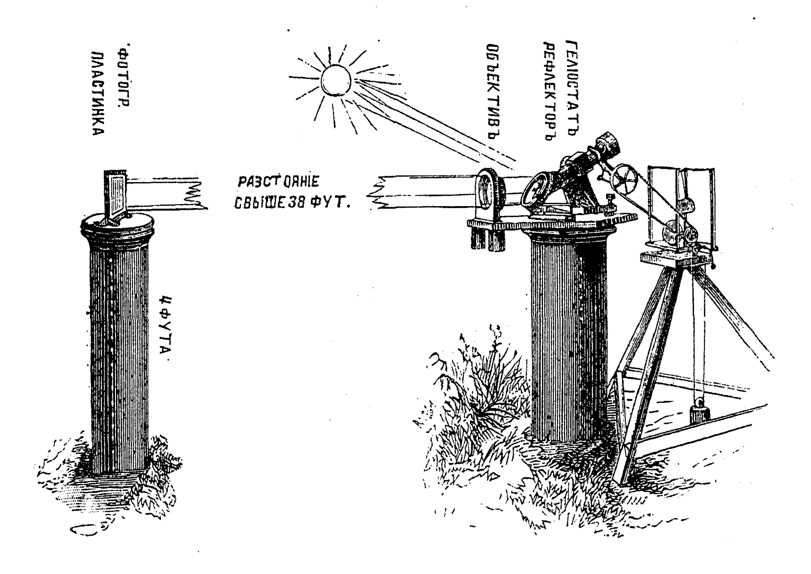
Всѣ 8 германскихъ экспедицій, двѣ или три изъ русскихъ, одна англійская и одна бельгійская были снабжены геліометрами и занимались въ продолженіе прохожденія измѣреніемъ разстоянія планеты отъ края солнечнаго диска. Результаты германскихъ наблюденій вполнѣ обработаны и изданы въ свѣтъ. Изъ 446 различныхъ измѣреній Ауверсъ выводитъ солнечный параллаксъ въ 8″,878±0″,040. Это число удивительно велико, но величина вѣроятной ошибки указываетъ, что наблюденія не очень близко согласуются другъ съ другомъ.

Американцы и французы возложили надежды, главнымъ образомъ, на фотографическій способъ, между тѣмъ какъ англичане и нѣмцы приняли мѣры для его примѣненія лишь въ извѣстной степени. Большая выгода этого способа состоитъ въ томъ, что онъ даетъ возможность необходимыя измѣренія, отъ точности которыхъ все зависитъ, выполнить на досугѣ, послѣ прохожденія, безъ спѣшки и со всѣми возможными предосторожностями. Работа въ полѣ состоитъ только въ полученіи возможно большаго числа хорошихъ снимковъ. Главный недостатокъ этого способа лежитъ именно въ трудности полученія хорошихъ снимковъ, т. е., снимковъ, свободныхъ отъ искаженія и достаточно рѣзкихъ и отчетливыхъ, чтобы вынести сильное увеличеніе въ микроскопическомъ аппаратѣ, служащемъ для ихъ измѣренія. Кромѣ того, самое серьезное затрудненіе заключается въ точномъ опредѣленіи масштаба снимка, т. е., числа дуговыхъ секундъ, соотвѣтствующаго линейному сантиметру (или дюйму) на пластинкѣ. Помимо этого, мы должны знать точное Гринвичское время, когда былъ сдѣланъ каждый снимокъ. Крайне желательно съ точностью о р і е н т и р о в а т ь снимокъ: точки сѣвера и юга, востока и запада для солнечнаго изображенія на обработанной пластинкѣ должны быть опредѣлены съ возможною точностью. При этомъ были сильныя опасенія, что изображеніе точное и отчетливое, въ тотъ моментъ, какъ только что получено, измѣнится со временемъ вслѣдствіе стягиванія коллодіоннаго или желатиннаго слоя на стекляной пластинкѣ. Но опыты Резсерфорда, Геггинса и Пашена обнаружили, какъ кажется, несостоятельность этихъ опасеній. Тѣмъ не менѣе неточность современныхъ представленій относительно солнечнаго параллакса такъ мала, что можно надѣяться на улучшеніе лишь въ томъ случаѣ, если будутъ получены фотографическіе снимки, почти абсолютно совершенные. Если только снимокъ не настолько отчетливъ и свободенъ отъ искаженій, чтобы относительныя положенія Венеры и солнечнаго центра могли быть опредѣлены на дискѣ въ 4 дюйма величиной съ точностью до $^1/_{20000}$ дюйма, пластинка на практикѣ ничего не стоитъ.

Но здѣсь слѣдуетъ замѣтить, что простое увеличеніе или уменьшеніе діаметра солнца или планеты не причинитъ никакого вреда. Нужно только, чтобы оно было одинаково по всей окружности диска, потому что измѣреніе дѣлается не между краями

Венеры и краемъ солнца, а между ихъ центрами. Фотографическія опредѣленія соприкосновенія, наоборотъ, страдаютъ всѣми неточностями старыхъ наблюденій, сдѣланныхъ простымъ глазомъ, въ придачу съ другими. Таковы опредѣленія Жансена и нѣкоторыхъ англійскихъ экспедицій съ помощью спеціальныхъ и сложныхъ приборовъ. Такимъ образомъ, съ астрономической точки зрѣнія, они вовсе никуда не годны, хотя и представляютъ интересъ съ химической и физической стороны.

Въ 1874 году при фотографическихъ наблюденіяхъ примѣнялись два существенно различныхъ пріема. Англичане и нѣмцы приспособили камеру къ окулярному концу обыкновеннаго телескопа, направленнаго прямо на солнце. Изображеніе, получаемое въ фокусѣ телескопа, увеличивали до надлежащей величины съ помощью комбинаціи стеколъ въ камерѣ. Въ фокусѣ телескопа помѣщалась маленькая стеклянная пластинка, раздѣленная на квадраты. Ее фотографировали вмѣстѣ съ изображеніемъ солнца. Она то и доставляла сѣтку линій сравненія, которыя давали возможность открыть и оцѣнить искаженія, происходящія, благодаря увеличительнымъ стекламъ.



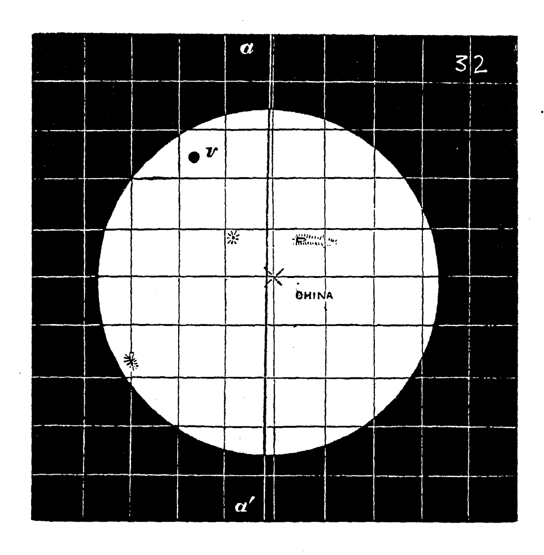
8. **Американскій аппаратъ для фотографированія прохожденія Венеры.**

Съ другой стороны, американцы и французы предпочли дѣлать фотографическій снимокъ въ полную величину безъ всякаго посредства увеличивающихъ стеколъ. Такъ какъ для этого требуется объективъ съ фокуснымъ разстояніемъ въ 30 или 40 футовъ, который не легко направить на солнце, былъ принятъ планъ, впервые предложенный Лосседа и затѣмъ, независимо отъ него, профессоромъ Уинлокомъ. Трубу помѣщали горизонтально; солнечные лучи отражались къ ней плоскимъ зеркаломъ, установленнымъ примѣнительно къ этой цѣли. Французы употребляли зеркала изъ посеребреннаго стекла. Они получали свои снимки (около $2^1/_2$ дюймовъ въ діаметрѣ) съ помощью стараго дагерротипнаго процесса на мѣдныхъ высеребрен-

ныхъ пластинкахъ; это дѣлалось, чтобы избѣжать опасности стягиванія коллодія. При употребленіи посеребреннаго зеркала время экспозиціи такъ коротко, что не нуженъ никакой часовой механизмъ. Американцы употребляли зеркала непосеребренныя, чтобы не допустить искажающаго вліянія солнечныхъ лучей на форму зеркала. Конечно, это ослабило свѣтъ и удлиннило время экспозиціи; понадобился часовой механизмъ; съ его помощью зеркало приводилось въ движеніе, чтобы изображеніе не мѣняло своего мѣста на пластинкѣ въ теченіе экспозиціи, которая всетаки никогда не превышала половины секунды. Рисунокъ 8 даетъ идею объ этомъ устройствѣ.

Столбъ, несущій пластинку, помѣщался въ темной комнатѣ, куда солнечные лучи отъ зеркала пропускались чрезъ выдвижной ставень.

Въ 1874 году американскіе снимки были получены на стеклѣ съ помощью обыкновеннаго мокраго процесса; діаметръ ихъ достигалъ 4 дюймовъ. Въ 1882 году былъ примѣненъ процессъ желатинной эмульсіи. Какъ разъ передъ чувствительною пластинкой, приблизительно на разстояніи 1/8 дюйма, была помѣщена сѣтка или стеклянная пластинка, раздѣленная на квадраты. Между нею и коллодіонной пластинкой висѣла тонкая серебряная проволока со свинцовымъ отвѣсомъ. Обработанный негативъ былъ размѣченъ на квадраты и также имѣлъ изображеніе отвѣсной линіи, которая точно указывала вертикальное направленіе. Американцы помѣщали фотографическій телескопъ на одной линіи съ меридіаннымъ инструментомъ; являлась возможность опредѣлить его направленіе съ крайнею точностью. Зная время, въ которое былъ сдѣланъ каждый снимокъ, мы можемъ съ помощью изображенія отвѣсной линіи оріентировать снимокъ съ большою точностью. Эту выгоду представляютъ однѣ только американскія фотографіи, что почти удвоиваетъ ихъ значеніе.



9. **Прохожденіе Венеры по диску солнца.**

Рис. 9. представляетъ одинъ изъ американскихъ снимковъ, уменьшенный почти вдвое. V есть изображеніе Венеры, которое на настоящей пластинкѣ имѣетъ почти 1/7 дюйма въ діаметрѣ; aa′—изображеніе отвѣсной линіи. Центръ сѣтки отмѣченъ малымъ крестомъ. Слово „China“, „Китай“, вырѣзанное алмазомъ на стеклянной пластинкѣ, и, разумѣется, переданное на фотографическомъ снимкѣ, показываетъ, что это одинъ изъ пекинскихъ снимковъ. Его нумѣръ въ рядѣ указанъ въ верхнемъ углу направо. Во время прохожденія около 90 такихъ снимковъ были сдѣланы въ Пекинѣ и около 350 на всѣхъ 8 американскихъ станціяхъ. Неблагопріятная погода сильно помѣшала наблюденіямъ на большей части станцій. Если прибавить снимки,

полученные французами, нѣмцами и англичанами, полное число годныхъ снимковъ доходитъ, согласно лучшимъ оцѣнкамъ, почти до 1200.

Когда снимки сдѣланы и доставлены на мѣсто въ цѣлости, ихъ слѣдуетъ потомъ измѣрить. Это значитъ: на каждомъ снимкѣ должно быть опредѣлено разстояніе (а въ американскихъ снимкахъ и направленіе) между центромъ Венеры и центромъ солнца. Это крайне деликатная и скучная операція. Ее затрудняетъ еще то обстоятельство, что изображеніе солнца никогда не бываетъ совершенно круглымъ: даже въ томъ случаѣ, когда инструментъ безукоризненъ во всѣхъ частяхъ, оно нѣсколько искажается отъ дѣйствія атмосферной рефракціи. Истинное положеніе солнечнаго центра относительно квадратовъ сѣтки опредѣляется только путемъ сложныхъ вычисленій; для этого необходимо съ помощью микроскопическаго прибора произвести измѣренія надъ большимъ числомъ точекъ, выбранныхъ по окружности изображенія. Конечный результатъ измѣреній получается, приблизительно, въ слѣдующей формѣ: Пекинъ, № 32. Время 14 ч. 8 м. 20,2 с. (гринвичское среднее время); Венера къ сѣверу отъ центра солнца 735″,32; къ востоку отъ центра 441″,63; разстояніе отъ центра солнца 857″,75 (Здѣсь приведены вымышленныя числа).

Въ 1882 году большая часть правительственныхъ экспедицій менѣе увлекались фотографическими операціями, потому что результаты работъ 1874 года, насколько они до сихъ поръ обнародованы, не очень удовлетворительны. Однако американскія экспедиціи остались вѣрны тѣмъ же приборамъ и способамъ, какъ въ 1874 году; только коллодіонный процессъ былъ замѣненъ эмульсіей. Было получено почти 1500 фотографій. Изъ всей системы американскихъ фотографическихъ снимковъ профессоръ Ньюкомбъ выводитъ для солнечнаго параллакса величину 8″,857 ± 0,″016. Измѣренія одного только разстоянія даютъ 8,″867, а измѣренія угла положенія дали 8,″873 въ 1874 году и 8,″772 въ 1882 г.

Пластинки, сдѣланныя черезъ нѣсколько минутъ одна послѣ другой, приводятъ иногда къ разнорѣчивымъ результатамъ. Это указываетъ на какую то невѣрность въ самомъ способѣ. Наиболѣе вѣроятное объясненіе заключается, можетъ быть, въ томъ, что плоское зеркало прибора искажается при измѣненіяхъ положенія и температуры. Изъ 92 французскихъ дагерротиповъ 1874 года Обрехтъ вывелъ, что параллаксъ солнца равенъ 8,″80±0″,03.

Англійскіе фотографическіе снимки 1874 года представляютъ мало цѣнности. Они были измѣрены двумя различными лицами, Бертономъ и капитаномъ Тепманомъ; первый, на основаніи своихъ измѣреній, далъ для солнечнаго параллакса величину 8″,25; второй—8,″08. Одно изъ главнѣйшихъ затрудненій лежитъ, очевидно, въ неопредѣленности масштаба, который былъ выведенъ только изъ діаметровъ солнца и планеты. Вообще, можно считать достовѣрнымъ, что впослѣдствіи прохожденіямъ Венеры не будутъ придавать такого высокаго значенія, какъ въ прошломъ. Иныя менѣе дорогія операціи дадутъ для солнечнаго параллакса лучшіе результаты.

Способы, перечисленные на страницѣ подъ нумерами 4, 5 и 6, обыкновенно обозначаются общимъ названіемъ „гравитаціонныхъ“, потому что они зависятъ отъ вычисленій, опирающихся на законъ тяготѣнія (gravitation). Лучшій изъ нихъ основанъ на тщательномъ наблюденіи движеній луны. Сомнѣніе въ точности

величины, принятой для разстоянія солнца, возникло впервые въ 1854 году, когда Ганзенъ высказалъ, что параллактическое неравенство луны приводитъ къ значенію меньшему, чѣмъ то, которое выводилось изъ прохожденій Венеры. Четыре года спустя выводъ этотъ былъ подтвержденъ Леверрье на основаніи такъ называемаго луннаго уравненія солнечнаго движенія. Съ перваго взгляда кажется непонятнымъ, какимъ образомъ искусный астрономъ, наблюдая движенія нашего спутника и не покидая своей обсерваторіи, можетъ получить рѣшеніе задачи, которая требуетъ утомительныхъ и дорого стоющихъ экспедицій въ отдаленныя части земного шара, если мы возьмемся за нее другими способами. Тѣмъ не менѣе это справедливо, какъ давно уже поставилъ на видъ Лапласъ. Объемъ и цѣль настоящей книги не позволяютъ намъ войти въ подробности относительно этого способа для опредѣленія параллакса. Достаточно сказать, что вслѣдствіе возмущающаго дѣйствія солнца промежутокъ времени отъ новолунія до первой четверти почти на 8 минутъ дольше, чѣмъ промежутокъ отъ первой четверти до полнолунія. Разность эта зависитъ отъ отношенія между діаметромъ лунной орбиты и разстояніемъ солнца: если опредѣлено неравенство, можно вычислить и это отношеніе. Разстояніе луны извѣстно; отсюда выводится разстояніе солнца. Результаты, полученные этимъ путемъ, согласно съ новѣйшими изслѣдованіями, повидимому, указываютъ, что солнечный параллаксъ заключается между 8″,767 и 8″,802. Ньюкомбъ даетъ 8″,794, какъ среднее, имѣющее наибольшій вѣсъ.

Но способъ, съ помощью котораго мы получимъ, въ концѣ концовъ, самое точное опредѣленіе размѣровъ нашей системы, предложенъ Леверрье. Онъ основанъ на вѣковыхъ возмущеніяхъ, которыя производитъ земля въ движеніяхъ сосѣднихъ планетъ. Благодаря этимъ возмущеніямъ, перемѣщаются узлы и перигеліи планетъ. Движенія эти очень медленны, но непрерывны. Поэтому съ теченіемъ времени они дѣлаются извѣстными съ постоянно возростающею точностью. Если бы они были извѣстны съ абсолютною точностью, они дали бы намъ возможность вычислить съ той-же точностью отношеніе между массами солнца и земли; а изъ этого отношенія можно двумя или тремя различными способами вычислить разстояніе солнца *).

При современномъ состояніи вопроса большинство астрономовъ будутъ, вѣроятно, думать, что эти вѣковыя возмущенія еще не извѣстны съ точностью, достаточною для того, чтобы поставить этотъ способъ выше другихъ, о которыхъ мы

*) Одинъ способъ вычисленія состоитъ въ слѣдующемъ. Пусть M—масса солнца и земли вмѣстѣ, а m — масса луны и земли. Пусть R разстояніе солнца отъ земли, а r разстояніе луны. Наконецъ, пусть T число сутокъ въ звѣздномъ году, а t число ихъ въ звѣздномъ мѣсяцѣ. Тогда, элементарная астрономія даетъ:

$$M : m = \frac{R^3}{T^2} : \frac{r^3}{t^2} \text{; откуда } R^3 = r^3 \left(\frac{T^2}{t^2}\right) \left(\frac{M}{m}\right);$$

Это значитъ: кубъ разстоянія солнца равенъ кубу разстоянія луны, умноженному на квадратъ числа звѣздныхъ мѣсяцевъ въ году и на отношеніе между массами солнца и земли. Должно однако замѣтить, что буквами T и t обозначены періоды обращеній земли и луны, въ предположеніи, что движенія этихъ свѣтилъ совершенно не подвергаются возмущеніямъ. Поэтому эти періоды слегка отличаются отъ наблюдаемыхъ въ дѣйствительности. Разности—незначительны, хотя вычислить ихъ съ точностью довольно затруднительно.

говорили; можетъ быть, онъ не можетъ даже соперничать съ ними. Съ другой стороны, Леверрье настолько полагался на этотъ способъ, что отказался утвердить и принять участіе въ дѣйствіяхъ для наблюденія послѣдняго прохожденія Венеры, считая всѣ труды и расходы въ этомъ направленіи просто безполезными.

Но, каково бы ни было положеніе дѣла теперь, внѣ всякаго сомнѣнія, что по мѣрѣ того, какъ время идетъ и наши знанія въ области планетныхъ движеній становятся полнѣе, этотъ способъ будетъ все точнѣе и точнѣе, пока, наконецъ, чрезъ нѣсколько вѣковъ отъ настоящаго времени не замѣнитъ всѣ другіе описанные способы. Солнечный параллаксъ, опредѣленный по этому способу Леверрье въ 1872 году, оказался 8″,86.

Профессоръ Ньюкомбъ даетъ 8″,759±0″,010, какъ результатъ своихъ новѣйшихъ изслѣдованій, исчерпывающихъ данный вопросъ.

Послѣдній способъ, упомянутый въ обзорѣ на страницѣ, интересенъ, какъ примѣръ, поясняющій тѣсную взаимную связь и зависимость между отдѣльными науками. Ранѣе опытовъ, поставленныхъ Физо въ 1849 г. и Фуко—нѣсколькими годами позже, наше знаніе скорости свѣта зависѣло отъ знанія размѣровъ земной орбиты. Изъ астрономическихъ наблюденій надъ затменіями спутниковъ Юпитера открыли, что свѣтъ проходитъ разстояніе, равное поперечнику земной орбиты, въ 16 слишкомъ минутъ. Слѣдовательно, отъ солнца онъ дойдетъ къ намъ приблизительно въ 8 минутъ. Если предположить, что солнце находится на разстояніи 154 000 000 километровъ, какъ это принималось въ теченіе долгаго времени, скорость свѣта должна быть около 309 000 километровъ въ секунду. Такимъ образомъ, этимъ основнымъ элементомъ оптика была обязана астрономіи. Но, когда Фуко въ 1862 году заявилъ, что, согласно съ его несомнѣнно точными опытами, скорость свѣта не можетъ быть больше 298 000 километровъ въ секунду, долгъ былъ уплаченъ. Уже раньше существовали сомнѣнія въ принятомъ значеніи солнечнаго параллакса; они были вызваны изслѣдованіями Ганзена и Леверрье относительно луны. Теперь эти подозрѣнія смѣнились увѣренностью.

Наиболѣе тщательныя опредѣленія скорости свѣта были сдѣланы въ Америкѣ Михельсономъ и Ньюкомбомъ между 1879 и 1883 годами. Результатъ—299 860 километровъ. Ошибка, вѣроятно, не болѣе 30 километровъ.

Отсюда мы можемъ прямо вывести разстояніе солнца, умноживъ скорость свѣта на „уравненіе свѣта“, которое есть не что иное, какъ число секундъ, необходимое для прохожденія свѣта отъ солнца до земли. Это „уравненіе свѣта“ опредѣлено изъ наблюденія надъ затменіями спутниковъ Юпитера и, почти навѣрное, весьма близко къ 499 секундамъ, хотя дробь секунды все еще сомнительна. Это дастъ для разстоянія солнца 149 629 000 километровъ, что соотвѣтствуетъ параллаксу около 8″,79. Въ теченіе послѣднихъ 12—15 лѣтъ въ Кэмбриджѣ въ Соединенныхъ Штатахъ и въ Парижѣ производится непрерывный рядъ наблюденій новыми фотометрическими способами. Когда будетъ опубликованъ ихъ результатъ, мы, безъ всякаго сомнѣнія, будемъ располагать гораздо точнѣйшимъ значеніемъ уравненія свѣта.

Скоростью свѣта можно воспользоваться для рѣшенія задачи еще иначе, соединивъ ее съ такъ называемою „постоянною аберраціи“. Эта „постоянная аберраціи“ выводится изъ наблюденій надъ неподвижными звѣздами и, почти на-

вѣрное, лежитъ между 20″,45 и 20″,55, что соотвѣтствуетъ параллаксамъ 8″,81 и 8″,77. Опредѣленіе „постоянной аберраціи“ усложнилось до нѣкоторой степени недавно открытымъ „измѣненіемъ широты“. Слѣдуетъ ожидать, что новыя опредѣленія, въ которыхъ это измѣненіе широты надлежащимъ образомъ исключено или принято въ разсчетъ, дадутъ гораздо болѣе точную величину аберраціи.

Въ обоихъ этихъ способахъ единственная трудность лежитъ въ теоретическихъ вопросахъ: можемъ ли мы съ увѣренностью предполагать, что въ междупланетномъ пространствѣ скорость свѣта тожественна съ тою скоростью, какая опредѣляется изъ опытовъ на поверхности земли, послѣ того какъ сдѣланы всѣ извѣстныя поправки на плотность воздуха и пр.

Допустивъ это, мы едва ли можемъ сомнѣваться, что этотъ „физическій способъ“, какъ часто называютъ его, въ настоящее время оставляетъ позади себя всѣ другіе способы для опредѣленія разстоянія солнца. Мы обращаемъ вниманіе читателей на то обстоятельство, что этотъ способъ разстояніе солнца даетъ прямо, а параллаксъ только косвенно. Притомъ онъ совершенно не зависитъ отъ нашихъ опредѣленій размѣровъ или притяженія земли.

Если сопоставить всѣ результаты, достигнутые до настоящаго времени, солнечный параллаксъ не можетъ, казалось бы, много отличаться отъ 8″,80, хотя онъ можетъ быть на 0″,01 больше или меньше. Это соотвѣтствуетъ, какъ было уже сказано, разстоянію 149 480 000 километровъ съ вѣроятною ошибкой около 1/8 % или 190 000 километровъ *).

Хотя разстояніе солнца легко можетъ быть выражено цифрами, невозможно однако составить какое-нибудь реальное представленіе о столь огромной величинѣ: она совершенно превышаетъ нашу способность воображенія. Предположимъ, что кто-нибудь задумалъ пройти это разстояніе, дѣлая 64 километра въ день; пришлось бы употребить 42½ года только для того, чтобы пройти одинъ милліонъ километровъ и—болѣе 6 300 лѣтъ, чтобы пройти все разстояніе.

Если бы можно было вообразить какую-нибудь небесную желѣзную дорогу, поѣздка на солнце потребовала бы болѣе 175 лѣтъ, даже если бы наши поѣзда

*) Весьма любопытно прослѣдить колебанія во мнѣніяхъ ученыхъ относительно величины этой постоянной. Въ началѣ текущаго столѣтія Лапласъ принялъ въ „Небесной Механикѣ“ значеніе 8″,81, полученное изъ первой обработки прохожденій Венеры въ 1761—69 годахъ; но другіе астрономы, Деламбръ, напримѣръ, предложили меньшую величину. Энке, какъ было сказано раньше, сдѣлалъ въ 1822—24 годахъ новую и тщательную обработку этихъ прохожденій: онъ вывелъ значеніе 8″,58, которое держалось въ наукѣ почти 40 лѣтъ. Около 1860 года изслѣдованія Ганзена, Леверье и Стона установили, какъ полагали, значеніе больше 8″,90. Въ Британскомъ Морскомъ Ежегодникѣ вплоть до 1882 года примѣнялось значеніе 8″,95. Въ 1867 году Ньюкомбъ издалъ тщательное изслѣдованіе, обнимающее всѣ извѣстныя къ тому времени данныя, и вывелъ значеніе 8″,848. Леверье въ 1872 году нашелъ изъ планетныхъ возмущеній 8″,86. „Американскія Эфемериды“, „Британскій Морской Ежегодникъ“ и „Берлинскій Ежегодникъ“ употребляютъ значеніе Ньюкомба, а „Парижскій Ежегодникъ“ („Connaissance des Temps“) употребляетъ значеніе Леверье. Однако изъ работъ послѣднихъ нѣсколькихъ лѣтъ кажется вполнѣ очевиднымъ, что число 8″,80, данное въ текстѣ, гораздо ближе къ истинѣ. Ньюкомбъ въ своихъ „Астрономическихъ Постоянныхъ“ (январь 1895 г.) даетъ 8″,7970±0″,004, какъ окончательное значеніе, основанное на всѣхъ годныхъ данныхъ. Харкнессъ въ своемъ сочиненіи „Солнечный параллаксъ и относящіяся къ нему постоянныя“ выводитъ 8″,809±0″,006, какъ результатъ наиболѣе исчерпывающаго изслѣдованія.

проходили 96 километровъ въ часъ, день и ночь безъ остановокъ. Даже ощущеніе не могло бы пройти такого большого разстоянія въ теченіе человѣческой жизни. Заимствуемъ любопытный примѣръ у профессора Менденхолля. Вообразимъ ребенка съ рукой достаточно длинною, чтобы онъ могъ коснуться солнца и обжечься; онъ успѣлъ-бы состарѣться и умереть, прежде чѣмъ боль достигла бы его сознанія, потому что, по опытамъ Гельмгольца и другихъ, нервный токъ передается со скоростью около 100 футовъ въ секунду или 2 635 километровъ въ день; слѣдовательно, для тока нужно 150 лѣтъ, чтобы сдѣлать этотъ путь. Звукъ прошелъ-бы его почти въ 14 лѣтъ, если бы могъ распространяться чрезъ небесное пространство. Пушечное ядро пролетѣло-бы его приблизительно въ 9 лѣтъ, если бы двигалось равномѣрно съ тою же скоростью, съ какою оно оставило жерло пушки. Если бы можно было внезапно остановить землю на ея орбитѣ, и она стала-бы безпрепятственно падать на солнце подъ ускоряющимъ вліяніемъ солнечнаго притяженія, она достигла бы центра солнца почти въ 2 мѣсяца. Я сказалъ, „если бы можно было остановить ее“; но протяженіе ея орбиты таково, что она должна двигаться со скоростью приблизительно 30 километровъ въ секунду, чтобы пробѣжать орбиту въ годъ; слѣдовательно, она мчится почти въ 50 разъ быстрѣе самой быстрой ружейной пули; если бы она двигалась со скоростью 32 километровъ, ея путь отклонялся бы отъ совершенно прямой линіи меньше, чѣмъ на $^1/_8$ дюйма въ теченіе секунды. А между тѣмъ солнце властвуетъ по всей окружности этой ужасающей орбиты, и каждое біеніе его поверхности получаетъ свой отвѣтъ отъ подчиненной ему земли.

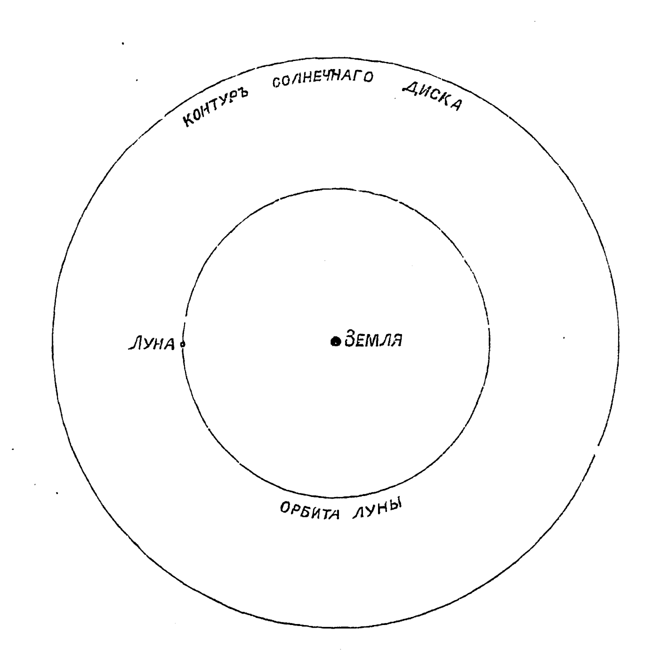
Наблюдая легкія измѣненія въ видимомъ діаметрѣ солнца, мы находимъ, что его разстояніе въ различныя времена года нѣсколько мѣняется,—въ цѣломъ, приблизительно, на 4 950 000 километровъ. Внимательное изслѣдованіе показываетъ, что земная орбита почти точный эллипсъ; точка, наиболѣе близкая къ солнцу, называется „перигеліемъ“. Земля бываетъ въ перигеліи около 20 декабря (1 января); въ это время ея разстояніе отъ солнца 147 067 000 километровъ.

Если разстояніе солнца извѣстно, размѣры его легко опредѣлить, по крайней мѣрѣ, въ извѣстныхъ тѣсныхъ предѣлахъ. Угловой полудіаметръ солнца, взятый на среднемъ разстояніи солнца отъ земли, почти 962″; неточность не превосходитъ $\frac{1}{2000}$ всей величины. Результатъ двѣнадцатилѣтнихъ наблюденій въ Гринвичѣ, длившихся съ 1836 по 1847 годъ, даетъ 961″,82; другія опредѣленія колеблются около значенія, упомянутаго въ первый разъ; оно-же принято въ „Американскомъ Морскомъ Ежегодникѣ“. Допустимъ, что разстояніе солнца—149 480 000 километровъ; въ такомъ случаѣ мы получимъ для солнечнаго діаметра 1 394 300 километровъ. Вѣроятная ошибка зависитъ отъ неточности, допущенной при измѣреніи діаметра и при измѣреніи разстоянія. Она равна приблизительно 6 000 или 8 000 километровъ. Другими словами, вѣроятность того, что истинный діаметръ заключается между 1 380 000 и 1 400 000 километровъ, весьма велика.

Измѣренія, сдѣланныя однимъ и тѣмъ-же лицомъ и съ тѣмъ же самымъ инструментомъ, но въ разныя времена, иногда настолько различаются между собой, что возбуждаютъ подозрѣніе, не измѣняется ли слегка діаметръ. Это нисколько не удивительно, если разсмотрѣть природу солнечной поверхности.

Между экваторіальнымъ и полярнымъ діаметрами нѣтъ никакой чувствительной разницы. Вращеніе солнца около оси недостаточно быстро, чтобы сдѣлать полярное сжатіе замѣтнымъ для современныхъ средствъ наблюденія. Это сжатіе является неизбѣжнымъ слѣдствіемъ вращенія солнца.

Нелегко получить реальное представленіе о величинѣ этого огромнаго шара. Діаметръ его въ 109,5 разъ больше земного діаметра; его окружность настолько же больше земной. Путешественникъ, который могъ бы объѣхать весь земной шаръ въ 809 дней, долженъ былъ бы употребить почти 24 года на поѣздку вокругъ солнца. Поверхности шаровъ относятся, какъ квадраты, а объемы, какъ кубы ихъ діаметровъ. Отсюда слѣдуетъ, что поверхность солнца приблизительно въ 12 000 разъ, а его объемъ въ 1 300 000 разъ больше поверхности и объема земли. Если представить землю въ видѣ одного изъ тѣхъ малыхъ трехдюймовыхъ глобусовъ, которыми пользуются въ школахъ, то солнце при томъ же масштабѣ имѣло бы 27 футовъ въ діаметрѣ; его разстояніе равнялось бы въ этомъ случаѣ приблизительно 3 000 футовъ. Вообразимъ, что внутри солнца находится пустота и что земля помѣщена въ центрѣ образовавшейся такимъ образомъ скорлупы; она замѣняла-бы для насъ небо, и луна могла-бы свободно совершать свои движенія внутри объемлющей поверхности. Въ самомъ дѣлѣ, луна находится на разстояніи 390 000 километровъ; между тѣмъ радіусъ солнца болѣе 692 000 километровъ; слѣдовательно, нашлось бы мѣсто и для второго спутника, обращающагося за луною на разстояніи 306 000 километровъ.



10. **Солнце и орбита луны**

Когда мы знаемъ разстояніе солнца, можно вычислить и его массу, или количество вещества, содержащееся въ немъ. Она приблизительно въ 330 000 разъ больше массы земли. Вычисленіе можно сдѣлать, либо примѣняя пропорцію, данную въ примѣчаніи къ страницѣ 20, либо сравнивая силу притяженія, которое производится солнцемъ на землю, съ разстояніемъ, которое въ то-же самое время проходитъ на поверхности земли тѣло, свободно падающее подъ вліяніемъ силы тяжести. Величина солнечнаго притяженія указана кривизной земной орбиты, равной

0,119 дюйма въ секунду. Разстояніе же, проходимое на землѣ падающимъ тѣломъ, опредѣлено съ крайнею тщательностью изъ опытовъ надъ маятникомъ. Разумѣется, должно принять въ разсчетъ то обстоятельство, что солнце производитъ свое дѣйствіе на землю съ разстоянія 149 000 000 километровъ, тогда какъ падающее тѣло на уровнѣ моря удалено отъ центра притяженія, производящаго его движеніе, всего на 6 000 километровъ *).

Если выразить массу солнца въ килограммахъ, она слишкомъ громадна, чтобы можно было представить ее. Она равна двумъ нонильонамъ килограммовъ, т. е., 2 съ 30 нулями, значитъ, 2×10^{30} килограммовъ = = 122 000 000 000 000 000 000 000 000 000 пудовъ. Она приблизительно въ 750 разъ больше соединенныхъ массъ всѣхъ планетъ и спутниковъ солнечной системы; одинъ только Юпитеръ обладаетъ массой въ 300 разъ большей, чѣмъ масса земли. Сила солнечнаго притяженія такъ велика, что она распространяется по всему окружающему пространству, даже до неподвижныхъ звѣздъ. Представимъ какое-нибудь тѣло на разстояніи ближайшаго къ намъ сосѣда, звѣзды α Центавра, которая въ 200 000 разъ дальше отъ насъ, чѣмъ солнце; оно могло бы освободиться отъ солнечнаго притяженія лишь въ томъ случаѣ, если-бъ двигалось отъ солнца со скоростью болѣе 300 футовъ въ секунду или 300 километровъ въ часъ. Если же оно не обладаетъ бо̀льшимъ движеніемъ, чѣмъ это, оно будетъ обращаться около солнца по замкнутой орбитѣ,—эллипсу, или кругу; при наименьшей изъ возможныхъ орбитъ періодъ обращенія равнялся бы приблизительно 31 600 000 лѣтъ, при круговой-же орбитѣ—приблизительно 90 000 000 лѣтъ. Данное тѣло обращалось бы такимъ образомъ, конечно, лишь въ томъ случаѣ, если бы не было остановлено или отклонено отъ своего теченія вліяніемъ какого-нибудь иного солнца, что вѣроятно и случилось бы. Мы можемъ здѣсь замѣтить, что звѣзды пробѣгаютъ пространство со скоростью значительно больше многихъ километровъ въ секунду; для многихъ случаевъ это—несомнѣнно, для большинства случаевъ—вѣроятно.

Что касается притяженія между солнцемъ и землей, оно доходитъ до 3 600 квинтильоновъ килограммовъ; если выразить въ цифрахъ, 36 съ 20 нулями = $= 36 \times 10^{20} = 3\ 600\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$. Заимствуемъ здѣсь поразительную иллюстрацію изъ новѣйшаго вычисленія Уорринга. Вообразимъ, что тяготѣніе

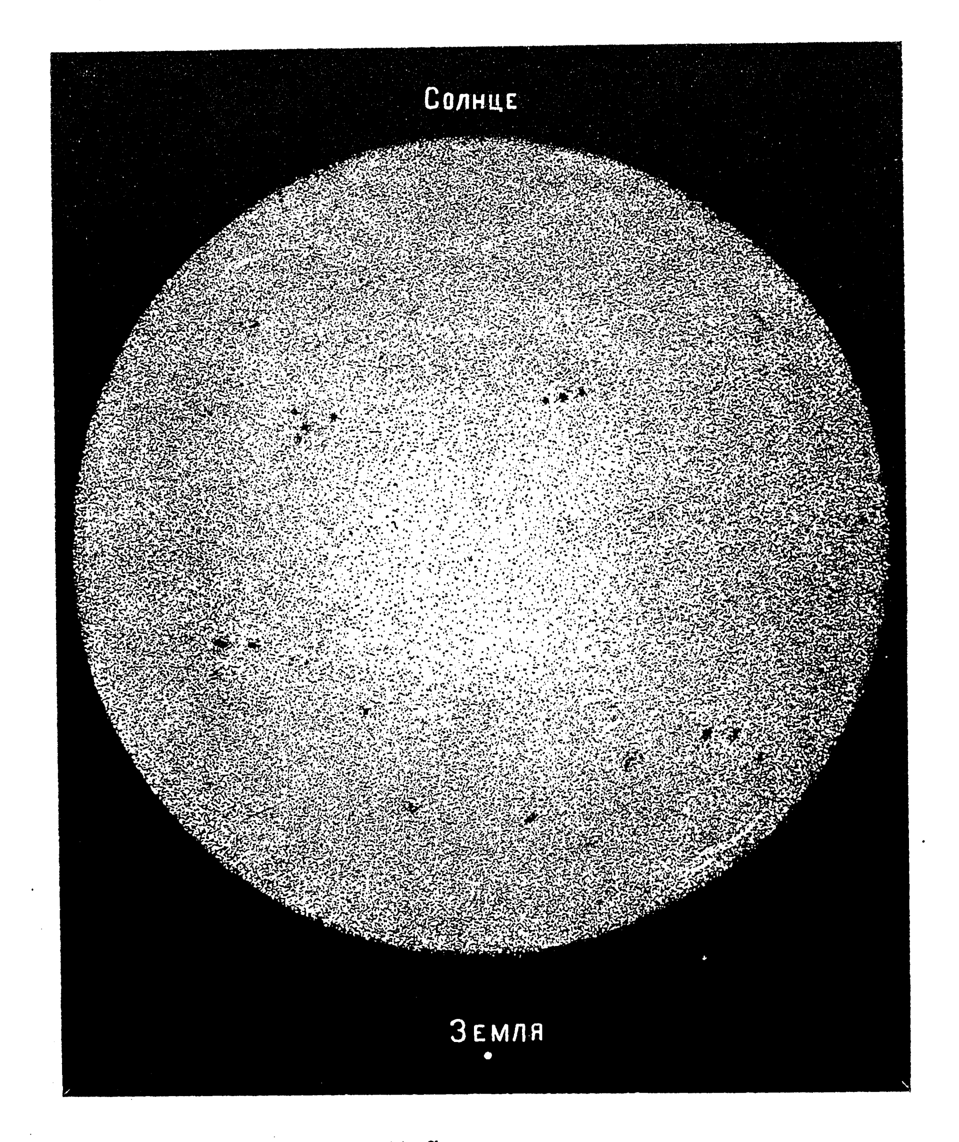
---

*) Вычисленіе солнечной массы по приведеннымъ даннымъ производится слѣдующимъ образомъ. Пусть M — масса солнца, а m масса земли; R — разстояніе отъ земли до солнца, а r — среднiй радiусъ земли; T — длина звѣзднаго года, выраженная въ секундахъ; $\frac{1}{2}g$ — — разстояніе, проходимое свободно падающимъ тѣломъ на земной поверхности въ одну секунду. Тогда разстояніе, на которое земля падаетъ въ теченіе секунды по направленію къ солнцу, или изгибъ ея орбиты въ секунду равняется $\frac{2\pi^2 R}{T^2}$. Это составитъ около 0,119 дюйма или 0,0030 метра. Отсюда по закону тяготѣнія:

$$\frac{1}{2}g : \frac{2\pi^2 R}{T^2} = \frac{m}{r^2} : \frac{M}{R^2}, \text{ откуда } M = m\left(\frac{4\pi^2 R^3}{T^2 r^2 g}\right),$$

Сдѣлаемъ въ этой формулѣ $\pi = 3{,}14159$; $R = 149\ 505\ 000$ километрамъ; $T = 31\ 558\ 149{,}3$ секундамъ; $r = 6370$ километрамъ; $\frac{1}{2}g \doteq 16{,}113$ фута или 0,0049111 километра. Тогда мы получимъ результатъ, данный въ текстѣ, именно: $M = 330\ 000\ m$ (приблизительно).

перестало дѣйствовать и замѣнено нѣкоторою матеріальною связью, которая соединяетъ землю съ солнцемъ и удерживаетъ землю въ ея орбитѣ. Предположимъ теперь, что эта связь состоитъ изъ сплетенія стальныхъ проволокъ такой толщины, какъ самая тяжелая телеграфная проволока (№ 4). Чтобы замѣнить притяженіе



11. **Солнце и земля.**

солнца, эти проволоки должны были бы покрыть всю половину нашего земного шара, обращенную къ солнцу, почти такъ же густо, какъ стебли травы на лужайкѣ. Потребовалось бы девять проволокъ на каждый квадратный дюймъ.

Если представить дѣло нѣсколько иначе, притяженіе между солнцемъ и землей равно тому усилію, которое требуется, чтобы разломить стальной стержень около 4 000 километровъ въ поперечникѣ.

Чтобы вычислить силу тяжести на поверхности солнца, нужно раздѣлить массу солнца, 330 000, на квадратъ $109^1/_2$. (Послѣднее число показываетъ, во сколько разъ діаметръ солнца больше діаметра земли). Мы найдемъ, что сила тяжести на солнцѣ въ $27^1/_2$ разъ больше силы тяжести на землѣ. Человѣкъ, который на землѣ вѣситъ 70 килограммовъ, на солнцѣ вѣсилъ бы 2000 килограммовъ; и даже, если бы почва была хороша, онъ всетаки не могъ бы двигаться. Тѣло, которое при свободномъ паденіи на поверхности земли проходитъ немного болѣе 16 футовъ въ секунду, проходило бы на солнцѣ 443 фута. Маятникъ, дѣлающій на землѣ одинъ размахъ въ секунду, качался бы на солнцѣ въ 5 разъ быстрѣе, подобно балансиру пружинныхъ часовъ, скорѣе дрожа, чѣмъ качаясь.

Такъ какъ объемъ солнца въ 1 300 000 разъ больше объема земли, а масса его только въ 330 000 разъ больше массы земли, отсюда слѣдуетъ, что *средняя плотность* (получаемая чрезъ раздѣленіе массы на объемъ) составляетъ *только одну четверть плотности земли*. При вопросѣ объ устройствѣ солнца это обстоятельство представляетъ огромную важность. Какъ увидимъ дальше, мы знаемъ, что извѣстные тяжелые металлы, съ которыми мы знакомы на землѣ, въ широкой мѣрѣ входятъ въ составъ солнца. Отсюда выводъ: если главная часть солнечной массы тверда или жидка, средняя плотность солнца должна быть равна, по меньшей мѣрѣ, плотности земли; нужно еще имѣть въ виду, что огромная сила тяжести на солнцѣ стремится самымъ могущественнымъ образомъ сжать вещества, изъ которыхъ состоитъ оно. Малую плотность можно объяснить только предположеніемъ, которое кажется довольно согласнымъ со всѣми прочими фактами: шаръ солнца состоитъ по преимуществу изъ газа или пара; въ центральной части этотъ газъ, конечно, сильно сжатъ, благодаря вѣсу лежащихъ сверху слоевъ; но крайне высокая температура удерживаетъ его отъ превращенія въ жидкость. Съ другой стороны, на основаніи законовъ физики, можно съ увѣренностью предсказать, что столь огромный шаръ изъ огненнаго пара, подвергаясь холоду небеснаго пространства, представитъ какъ разъ тѣ самыя явленія, съ какими мы встрѣчаемся, наблюдая поверхность и окрестности солнца.

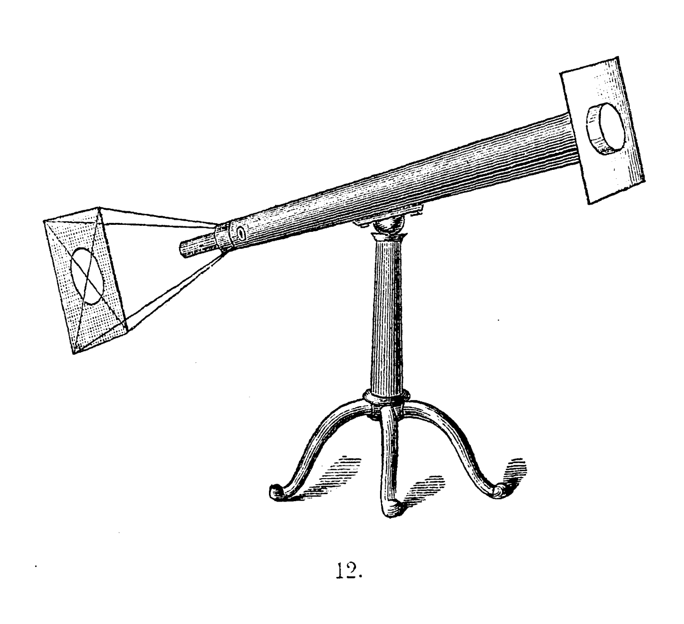
II.

Способы и приборы для изученія поверхности солнца.

Проэктированіе солнечнаго изображенія на экранѣ. Способъ Кэррингтона для опредѣленія положенія предметовъ на поверхности солнца. — Фотографія солнца.—Фотогеліографы.—Фотографіи Жансена. Телескопъ съ посеребреннымъ объективомъ. Солнечный окуляръ Гершеля. Поляризующій окуляръ.

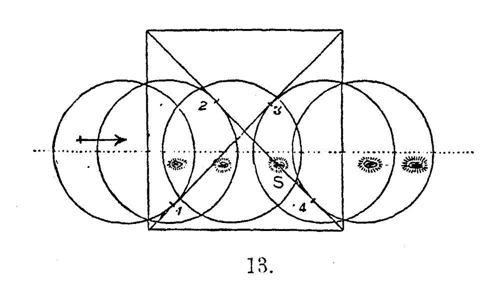
Теплота и свѣтъ солнца настолько велики, что необходимы особые инструменты и способы для наблюденія его поверхности. Приспособленія, употребляемыя при изученіи луны, планетъ и звѣздъ, совсѣмъ не годятся для солнца.

Когда мы хотимъ получить общій видъ солнца безъ всякихъ тонкихъ подробностей, когда нужно легко и быстро опредѣлить положеніе пятенъ и другихъ предметовъ на солнечномъ дискѣ, превосходнымъ способомъ является проэктированіе съ помощью телескопа изображенія солнца на листъ картона. Для этой цѣли располагаютъ приборъ, какъ указано на рисункѣ 12.



12.

Листъ бумаги, на который нужно отбросить изображеніе, поддерживается передъ окуляромъ посредствомъ легкаго станка, прилаженнаго къ телескопу. Разстояніе экрана отъ окуляра зависитъ отъ величины желаемаго изображенія и отъ увеличенія окуляра; наиболѣе удобенъ діаметръ отъ 6 дюймовъ до фута (отъ 152 до 305 миллиметровъ). Чтобы уравновѣсить первый экранъ и чтобы защитить его отъ всякаго иного свѣта кромѣ того, который прошелъ чрезъ инструментъ, къ объективному концу телескопа придѣлывается обыкновенно другой экранъ. Если приборъ употребляется для опредѣленія положенія пятенъ на солнцѣ, поверхность, принимающая изображеніе, должна быть тщательно установлена, такъ чтобы она была перпендикулярна къ оптической оси телескопа.



13.

Чтобы опредѣлить положеніе предметовъ на солнечномъ дискѣ, Кэррингтонъ проводилъ на экранѣ двѣ линіи, взаимно перпендикулярныя и составляющія уголъ приблизительно въ 45^0 съ линіей сѣверъ-югъ или съ часовымъ кругомъ. Чтобы опредѣлить мѣсто пятна на солнечномъ дискѣ, достаточно какъ можно точнѣе отмѣтить по часамъ четыре момента, когда край солнечнаго изображенія пересѣкаетъ обѣ линіи (телескопъ, разумѣется, въ теченіе всего этого времени неподвиженъ), и два момента, когда чрезъ эти линіи проходитъ пятно. Изъ этихъ шести наблюденій съ помощью данныхъ астрономическаго ежегодника легко можно вычислить разстояніе и направ-

леніе пятна относительно солнечнаго центра. При этомъ приходится пользоваться формулами, которыя едва-ли умѣстны на этихъ страницахъ, но которыя можно найти въ „Monthly Notices of the Royal Astronomical Society“ („Ежемѣсячныхъ Запискахъ Королевскаго Астрономическаго Общества“), томъ XIV, стр. 153. Это устройство изображено на рисункѣ 13.

Другой способъ состоитъ въ употребленіи „Charts for Sun-spot Observations“ („Картъ для наблюденія солнечныхъ пятенъ“) А. Томсона, которыя даны въ „Астрономическомъ атласѣ“ сэра Роберта Болля. Онъ удобнѣе, потому что не требуетъ никакихъ вычисленій; но точность его меньше. Оба указанные способа требуютъ однако употребленія параллатически установленнаго телескопа. Съ инструментомъ безъ параллатической установки можно получить вполнѣ хорошіе результаты, если проведемъ на экранѣ кругъ съ діаметромъ около половины поля зрѣнія и отмѣтимъ мгновенія, когда край солнца коснется круга и когда пятно пересѣчетъ кругъ. Съ малымъ телескопомъ, такимъ образомъ приспособленнымъ, каждый въ состояніи дѣлать цѣнныя наблюденія относительно числа, положенія и движенія солнечныхъ пятенъ. По временамъ, когда воздухъ въ хорошемъ состояніи, при помощи этого способа можно получить также значительное количество подробностей относительно пятенъ и солнечной поверхности вообще. Потемнѣніе края солнца, производимое поглощеніемъ солнечной атмосферы, очень примѣтно, факелы также хорошо видны. Большая выгода этого способа въ томъ, что нѣсколько лицъ могутъ такимъ образомъ наблюдать вмѣстѣ.

Преподаватель, напримѣръ, можетъ этимъ путемъ показать дюжинѣ учащихся всѣ главныя черты солнечной поверхности и быть увѣреннымъ, что всѣ они видѣли вещи, на которыя онъ желалъ обратить ихъ вниманіе.

Если бы какой-нибудь любитель случайно нашелъ на солнечномъ дискѣ маленькое красное пятно, которое онъ имѣетъ основаніе считать интра-меркуріальною планетой, нѣсколько наблюденій въ указанномъ выше родѣ, повторенныхъ чрезъ промежутки въ нѣсколько минутъ, прямо рѣшатъ вопросъ и дадутъ достаточно точныя опредѣленія скорости и направленія движенія.

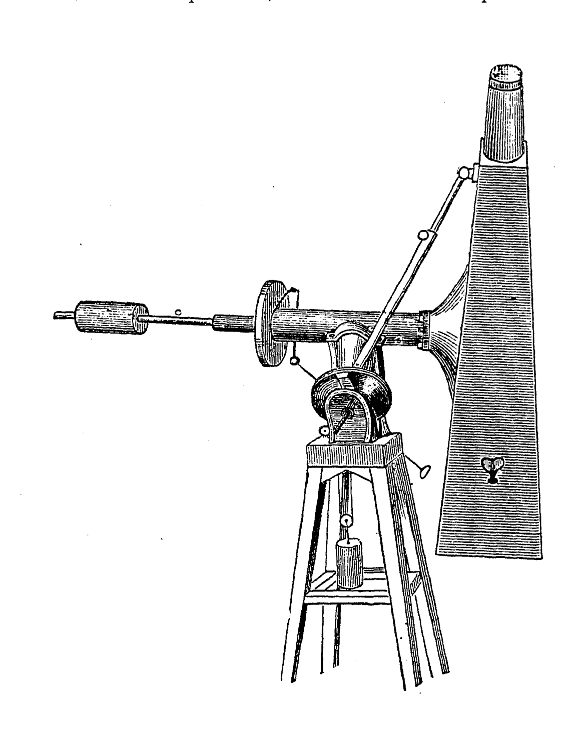
Если инструментъ снабженъ экваторіальной установкой и часовымъ механизмомъ, такъ что изображеніе остается на экранѣ повидимому неподвижнымъ, можно сдѣлать очень удовлетворительный рисунокъ на бумагѣ, раздѣленной на квадраты. Рисунокъ этотъ весьма точно покажетъ положеніе и величину всѣхъ видимыхъ пятенъ; можно составить коллекцію такихъ рисунковъ для справокъ. Наблюденія надъ солнечными пятнами въ большомъ сочиненіи Кэррингтона были сдѣланы по большей части этимъ способомъ.

Съ недавняго времени для наблюденій этого рода стали широко примѣнять фотографію. Приборъ состоитъ изъ телескопа, снабженнаго камерой-обскурой вмѣсто окуляра и приспособленіемъ для мгновенной экспозиціи чувствительной пластинки на дѣйствіе солнечныхъ лучей.

Такъ какъ въ обыкновенномъ ахроматическомъ телескопѣ лучи, производящіе наибольшее фотографическое дѣйствіе, имѣютъ фокусъ не въ той же точкѣ, гдѣ лучи наиболѣе дѣйствующіе на глазъ, такой инструментъ, каково бы ни было его оптическое совершенство, не даетъ рѣзкихъ фотографическихъ изображеній.

Для наилучшихъ фотографическихъ результатовъ необходимо употреблять такіе объективы, поправки которыхъ вычислены нарочно для этой цѣли.

Резсерфордъ въ Нью-Іоркѣ первый, кажется, оцѣнилъ это и построилъ инструментъ, спеціально назначенный для астрономической фотографіи. Для этого онъ пошелъ къ цѣли прямымъ путемъ и не поколебался обдуманно поступиться оптическимъ превосходствомъ отборнаго объектива 13 дюймовъ въ діаметрѣ: кривизна его была измѣнена; чрезъ это была получена наиболѣе совершенная актиническая поправка. Резсерфордъ былъ вознагражденъ успѣхомъ, до сихъ поръ не имѣющимъ себѣ равнаго, что касается совершенства полученныхъ снимковъ. Нѣкоторые изъ его фотографическихъ снимковъ солнца и луны, полученные около 1866 года, соперничаютъ въ отчетливости и подробности съ рисунками лучшихъ наблюдателей.



14. **Фотогеліографъ обсерваторіи Кью.**

Существуетъ другой, болѣе простой способъ полученія желаемыхъ поправокъ. Резсерфордъ испыталъ и отвергъ его. Недавно онъ былъ возобновленъ Корню въ Парижѣ. По этому способу не нужно перешлифовывать обѣ чечевицы, составляющія объективъ; достаточно слегка отдѣлить ихъ—на $^1/_2$ дюйма (13 миллиметровъ) для инструмента съ фокуснымъ разстояніемъ въ 10 футовъ. Приближенная поправка, полученная такимъ образомъ, даетъ превосходные результаты; инструментъ-же не испорченъ для другой работы, потому что потребуется только нѣсколько минутъ, чтобы возвратить стекламъ ихъ прежнюю оптическую установку. Въ отражательномъ телескопѣ нѣтъ, разумѣется, подобныхъ затрудненій, потому что лучи съ различною длиною волнъ послѣ отраженія не испытываютъ свѣторазсѣянія (дисперсіи), какъ послѣ преломленія. Однако существуютъ другія, еще болѣе серьезныя затрудненія, зависящія отъ крайней чувствительности рефлектора къ искажающему вліянію измѣненій температуры. Поэтому до сихъ поръ рефлекторы не могутъ сравняться съ рефракторами въ отношеніи фотографической работы. Ихъ всетаки употребляли съ весьма хорошимъ успѣхомъ при различныхъ случаяхъ для фотографированія солнечныхъ затменій.

Съ телескопами значительной величины изображеніе получается обыкновенно прямо въ фокусѣ объектива; нѣтъ нужды снова увеличивать его. Таковы снимки, сдѣланные Резсерфордомъ, на которыхъ діаметръ изображенія солнца около $1^3/_4$ дюйма (44 миллиметра).

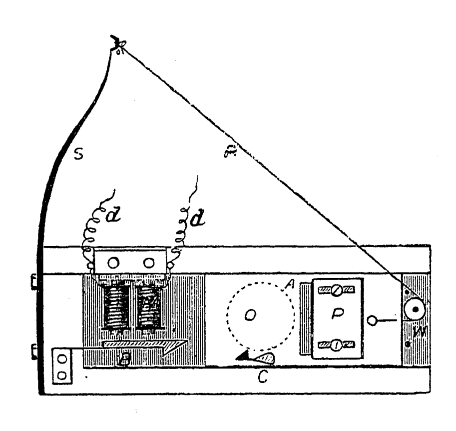
Если желаютъ получить изображеніе большаго масштаба, дѣлаютъ впослѣдствіи копіи съ негативовъ. Съ меньшими инструментами, каковъ хорошо извѣстный фотогеліографъ обсерваторіи Кью, употребляется увеличительный окуляръ, построенный такимъ образомъ, чтобы онъ возможно менѣе искажалъ изображеніе, составленное объективомъ; окуляръ долженъ увеличить изображеніе до діаметра въ 3 или 4 дюйма (75—100 миллиметровъ). Въ этомъ инструментѣ, изображенномъ на рисункѣ 14, діаметръ объектива всего $3^1/_2$ дюйма (89 мм.); фокусное разстояніе его—50 дюймовъ (1,27 метра). Труба не коническая, какъ обыкновенно, и не расширяется у объективнаго конца; вмѣсто того, она сдѣлана пирамидальною и шире внизу; благодаря этому, удобнѣе прикрѣплять кассетку съ фотографическими пластинками. Весь инструментъ установленъ параллатически и приводится въ движеніе посредствомъ часоваго механизма. Онъ былъ построенъ въ 1857 году подъ руководствомъ и по планамъ Делярю и оказался самымъ полезнымъ и прекраснымъ инструментомъ. Много другихъ весьма сходныхъ инструментовъ сдѣлано съ тѣхъ поръ; введены легкія улучшенія. Инструменты англійскихъ и русскихъ экспедицій для фотографированія прохожденія Венеры въ 1874 г. относились къ этому самому типу. Точно такіе же инструменты были у германскихъ экспедицій, исключая трубъ, которыя были значительно большихъ размѣровъ съ отверстіями отъ 6 до 8 дюймовъ (15—20 сантим.). Фотогеліографъ въ Гринвичѣ, служащій нынѣ для суточной записи солнечной поверхности,—одинъ изъ инструментовъ, употреблявшихся въ экспедиціяхъ для наблюденія прохожденія Венеры. Онъ имѣетъ 4-дюймовый объективъ и даетъ изображеніе солнца въ 4 дюйма въ діаметрѣ; установка параллатическая съ часовымъ механизмомъ. Инструменты на Маврикіевыхъ островахъ и въ Дера-Денъ въ Индіи подобные же. Въ послѣднее время Гринвичская обсерваторія пріобрѣла 9-дюймовый фотогеліографъ, который употребляется въ связи съ другимъ, чтобы получать снимки большаго масштаба.

Солнечный свѣтъ до того силенъ, что на практикѣ необходимо выставлять пластинку только на одно мгновеніе. Приборъ, съ помощью котораго это достигается, значительно различается въ подробностяхъ у инструментовъ разныхъ типовъ, но по существу онъ во всѣхъ случаяхъ состоитъ изъ затвора со щелью, ширину которой можно измѣнять и которую сильная пружина быстро выдвигаетъ передъ чувствительною пластинкой. Въ моментъ экспозиціи наблюдатель нажимаетъ спускъ или телеграфный ключъ; затворъ, который ранѣе сдерживался соотвѣтствующимъ механизмомъ, освобождается; быстро скользя, онъ пропускаетъ солнечные лучи чрезъ щель въ теченіе времени, которое у различныхъ инструментовъ измѣняется отъ $\frac{1}{100}$ до $\frac{1}{5000}$ секунды, смотря по величинѣ инструмента, чувствительности коллодія и прозрачности атмосферы. Мы даемъ изображеніе фотографическаго затвора Фогеля, можетъ быть, наилучшаго. Буквою М обозначенъ электромагнитъ.

Какъ только рука наблюдателя нажметъ телеграфный ключъ, электромагнитъ притянетъ якорь В. Тогда освобождается спускъ С, и пружина S, дѣйствующая

чрезъ посредство шнура и блока, быстро передвигаетъ затворъ со щелью А предъ отверстіемъ, чрезъ которое лучи входятъ въ камеру.

Характеръ полученнаго изображенія въ значительной степени зависитъ отъ времени экспозиціи. Если стараются получить изображеніе солнца съ рѣзкими и плотными краями, если нужно производить измѣренія, чтобы опредѣлить положеніе различныхъ предметовъ на солнечномъ дискѣ (какъ это было при прохожденіи Венеры), въ такомъ случаѣ необходима относительно долгая экспозиція. Но слѣдуетъ помнить, что съ удлинненіемъ экспозиціи діаметръ солнечнаго изображенія ростетъ очень замѣтно, такъ что онъ никогда не можетъ доставить надежнаго масштаба. Если, съ другой стороны, желаютъ получить изображеніе, полное подробностей, показывающее факелы и строеніе пятенъ, тогда экспозицію должно значительно сократить, суживая щель или сообщая затвору большую скорость. Прибавимъ, что, къ несчастію, экспозиція, которая прекрасно обнаруживаетъ центральныя части диска, слишкомъ коротка для частей ближайшихъ къ краю, гдѣ актиническое дѣйствіе значительно слабѣе.



15. **Затворъ Фогеля**.

Это обстоятельство отнимаетъ много цѣны у фотографическаго способа. Искусный рисовальщикъ можетъ на одномъ и томъ же рисункѣ показать подробности, отличныя до нѣкоторой степени по напряженности, тогда какъ фотографія принуждена, такъ сказать, ограничиться воспроизведеніемъ только одного извѣстнаго разряда подробностей одновременно. Въ одномъ мы можемъ быть увѣрены: что бы ни показывала фотографія, это — автографическое изображеніе факта, а не вымыселъ воображенія. Не такъ обстоитъ дѣло съ рисункомъ; замѣчательно, какъ сильно отличаются изображенія одного и того же предмета, сдѣланныя двумя добросовѣстными художниками, съ однимъ и тѣмъ же телескопомъ и при однихъ и тѣхъ же обстоятельствахъ. Какъ тщательная лѣтопись числа, положенія и величины солнечныхъ пятенъ въ данное время, фотографія, разумѣется, безукоризненна.

Такую лѣтопись или запись велъ фотогеліографъ въ Кью въ теченіе 14 лѣтъ, съ 1858 до 1872 года, когда работа была прервана. Почти одинаковую важность представляло собраніе фотографій, которое въ теченіе многихъ лѣтъ сохранялось въ Вильнѣ вплоть до пожара обсерваторіи въ 1877 году. Съ 1873 года рядъ фотографій Кью продолжался въ Гринвичѣ; ежедневно, когда только позволяетъ погода, дѣлается, по меньшей мѣрѣ, два снимка и болѣе двухъ, если этого требуетъ спеціальный интересъ. Эта гринвичская запись дополняется негативами, получаемыми въ Дера-Денъ въ Индіи и на островахъ Маврикія. Взятыя вмѣстѣ съ гринвичскими пластинками, они составляютъ на практикѣ непрерывную запись состоянія солнечной поверхности. Въ то же время здѣсь иногда случаются пере-

рывы, которые могли бы быть возмѣщены, если бы мы имѣли одинъ или два фотогеліографа на американской сторонѣ Атлантическаго океана.

Недавно Жансенъ въ новой французской астрофизической обсерваторіи въ Медонѣ довелъ солнечную фотографію до небывалой прежде степени совершенства. Чтобы достичь этого, онъ воспользовался тѣмъ, что въ спектрѣ близъ фраунго-



16. **Жансенъ.**

феровой линіи G существуетъ узкая полоса лучей, обладающихъ гораздо болѣе сильнымъ фотографическимъ дѣйствіемъ на соли серебра, чѣмъ лучи другой какой-либо части спектра. Дѣйствіе это настолько сильно, что при очень короткой и соотвѣтственно регулированной экспозиціи результатъ получается на дѣлѣ такой, какъ будто бы солнечный свѣтъ былъ монохроматическій и состоялъ изъ одвихъ только этихъ лучей. Какой либо недостатокъ въ отношеніи ахроматизма объектива становится почти безвреднымъ. Это обстоятельство дѣлаетъ возможнымъ употребленіе

обыкновеннаго ахроматическаго объектива, лишь грубо исправленнаго для фотографической работы по плану Корню тѣмъ, что чечевицы отдѣлены одна отъ другой на ничтожное разстояніе.

Съ пятидюймовымъ (127 мм.) телескопомъ и соотвѣтственно увеличивающимъ стекломъ Жансенъ получаетъ снимки даже въ $^1/_2$ метра діаметра, изображающіе въ совершенствѣ подробности солнечной поверхности. Экспозиція мѣняется отъ $^1/_{200}$ до $^1/_{1000}$ секунды въ зависимости отъ прозрачности воздуха и высоты солнца и производится съ помощью затвора, весьма напоминающаго затворъ Фогеля. Полученное изображеніе очень слабо и требуетъ продолжительнаго и тщательнаго проявленія; но когда, наконецъ, оно хорошо проявлено, оно удивительно во всѣхъ отношеніяхъ. Благодаря этимъ пластинкамъ, получены весьма интересные результаты, которыми мы займемся позже.

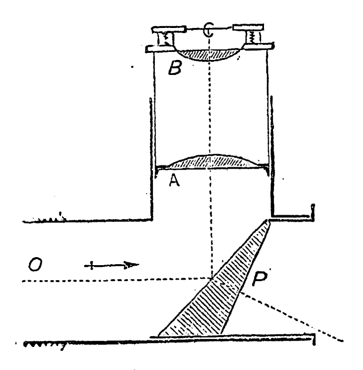
Фотографія всетаки еще недостаточна для изученія самыхъ тонкихъ и нѣжныхъ подробностей солнечной поверхности. Для этой цѣли ничѣмъ не замѣнимы окулярныя наблюденія опытныхъ и искусныхъ наблюдателей, вооруженныхъ могущественными трубами и соотвѣтствующими приспособленіями и постоянно подстерегающихъ немногіе благопріятные моменты, когда атмосферныя условія позволяютъ работать съ успѣхомъ.

Инструментъ долженъ быть снабженъ какою-нибудь системой окуляра, спеціально предназначенною для наблюденія солнца. Старинный способъ состоялъ въ употребленіи обыкновеннаго окуляра, снабженнаго темнымъ стекломъ близъ глаза. Если пользуются всѣмъ отверстіемъ телескопа значительной величины, теплота въ фокусѣ такъ велика, что опасна для стеколъ, и потому обыкновенно „надѣвали шапку“ на объективъ, т. е., надѣвали крышку съ небольшимъ отверстіемъ въ центрѣ, чтобы уменьшить отверстіе до двухъ или трехъ дюймовъ (50—75 мм.). Конечно, этотъ способъ легко уменьшалъ теплоту и свѣтъ почти въ какой угодно степени, но много вредилъ ясности изображеній. По извѣстнымъ оптическимъ принципамъ изображеніе свѣтящейся точки даже въ безусловно совершенной трубѣ не будетъ точкой: вслѣдствіе такъ называемой „диффракціи“, происходящей отъ интерференціи свѣта, оно представляется малымъ дискомъ, окруженнымъ рядомъ концентрическихъ свѣтящихся колецъ. Чѣмъ меньше отверстіе телескопа, тѣмъ больше при данномъ увеличеніи дискъ. Точно также изображеніе свѣтящейся линіи кажется не линіей, а полосой опредѣленной ширины съ каймами по обѣимъ сторонамъ. Легко видѣть отсюда, что съ телескопомъ малаго отверстія невозможно различить подробности столь тонкія, какъ съ телескопомъ большаго діаметра. Чтобы при изслѣдованіи поверхности солнца получить лучшіе результаты, необходимо найти какой-нибудь способъ ослаблять теплоту и свѣтъ, не уменьшая діаметра объектива (или зеркала, если мы пользуемся рефлекторомъ).

Отражательный телескопъ съ зеркаломъ изъ непосеребреннаго стекла выполняетъ это прекраснѣйшимъ образомъ. Непосеребренная поверхность отражаетъ только около $^1/_{30}$ падающаго свѣта и теплоты. Хотя получаемое изображеніе всетаки слишкомъ ярко для незащищеннаго глаза, теплота уже не тяготитъ; достаточно очень тонкаго темнаго стекла. Другой превосходный методъ—посеребрить у рефрактора переднюю поверхность объектива по способу Либиха или другому подобному химическому способу.

Можно наложить слой серебра такой толщины, чтобы проходилъ извѣстный процентъ свѣта, тогда какъ остальное количество отражается и совсѣмъ не пропускается въ инструментъ. Полученное такимъ путемъ изображеніе слегка окрашено въ голубой цвѣтъ, но совершенно рѣзко и постоянно. При этомъ методѣ достигается значительная выгода: воздухъ внутри трубы не нагрѣвается, что случается при всякомъ другомъ устройствѣ инструмента. Трубы, которыми пользовались французскія экспедиціи при наблюденіяхъ прохожденія Венеры въ 1874 году, были снаряжены именно такимъ образомъ. Однако при всѣхъ своихъ большихъ преимуществахъ способъ этотъ представляетъ, въ общемъ, столь же большія невыгоды, какъ это обнаружилось въ Сайгонѣ, гдѣ облака были такъ плотны, что чрезъ серебряный слой ничего не было видно, и наблюдатель вынужденъ былъ стереть его полотномъ, прежде чѣмъ могъ начать наблюденія. Далѣе, очевидно, что телескопъ, приготовленный такимъ образомъ, не можетъ служить ни для какихъ другихъ цѣлей. Поэтому на практикѣ обыкновенно не приспособляютъ инструменты для наблюденія солнца, измѣняя такъ или иначе объективъ или зеркало, но достигаютъ желаемаго результата тѣмъ, что измѣняютъ окуляръ.

Одинъ изъ лучшихъ и самыхъ употребительныхъ окуляровъ былъ придуманъ сэромъ Джономъ Гершелемъ и носитъ его имя.

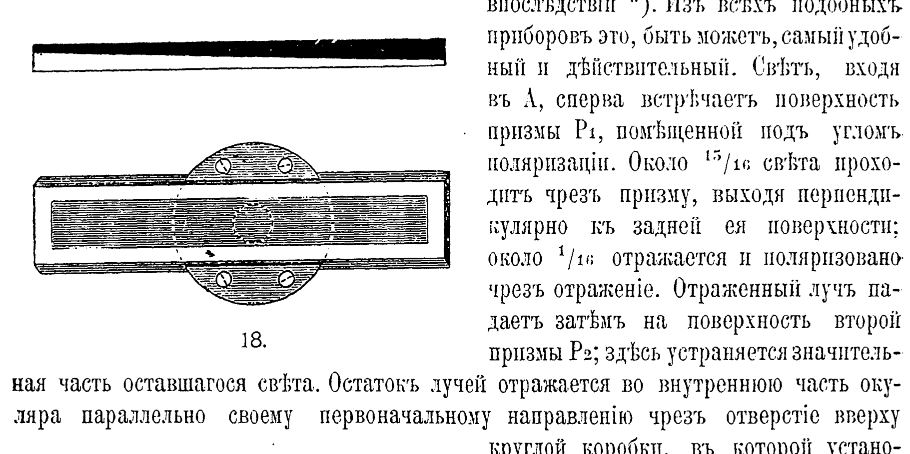


17. **Солнечный окуляръ.**

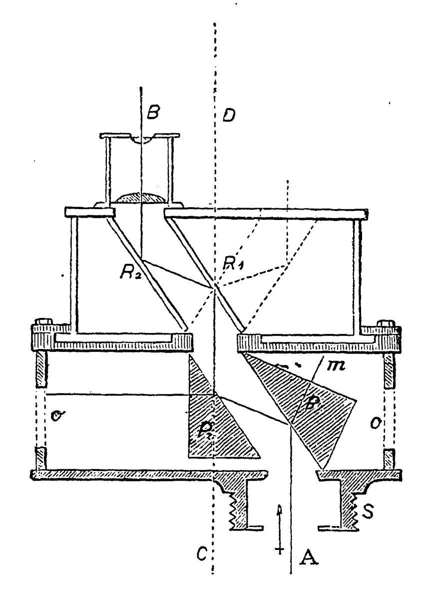
Онъ изображенъ на рисункѣ 17, гдѣ дано его сѣченіе. Свѣтъ, входя въ O, встрѣчаетъ стеклянную призму, первая поверхность которой помѣщена подъ угломъ въ 45°. Большая часть свѣта, нѣсколько больше $^{19}/_{20}$, проходитъ чрезъ призму и выходитъ перпендикулярно ко второй ея поверхности чрезъ открытый конецъ трубы. Отраженный свѣтъ, около $^{1}/_{20}$ всего количества, отбрасывается вверхъ чрезъ собственный окуляръ AB, вполнѣ тожественный съ обыкновеннымъ. Такимъ образомъ удаляется большая часть свѣта и тепла. Тѣмъ не менѣе чрезъ стекла проходитъ слишкомъ много свѣта; глазъ не можетъ переносить его; необходимо пользоваться темнымъ стекломъ, но послѣднее можетъ быть очень свѣтлымъ. Блескъ солнца настолько измѣняется съ его высотой и съ условіями атмосферы, что желательно имѣть средство измѣнять толщину темнаго стекла. Это легко устроить съ помощью длиннаго, тонкаго клина изъ темнаго стекла, компенсируемаго соотвѣтствующимъ клиномъ изъ обыкновеннаго стекла; оба клина помѣщены въ рамку, какъ показано на рисункѣ 18. Темнаго стекла не слѣдуетъ окрашивать въ какой-нибудь цвѣтъ; оно должно быть средняго (нейтральнаго) цвѣта, чтобы предметы на солнечной поверхности сохраняли свою окраску. Стекло, извѣстное подъ названіемъ „London smoke“ (лондонская копоть) очень близко удовлетворяетъ этимъ условіямъ, и съ темнымъ стекломъ изъ этого матеріала приборъ даетъ превосходные результаты и вполнѣ достаточенъ для всякой обыкновенной работы.

Можно получить еще лучшіе результаты, если пользоваться болѣе сложными и дорогими „геліоскопами“, какъ ихъ называютъ; посредствомъ поляризаціи они уменьшаютъ свѣтъ до такой степени, что темнаго стекла совсѣмъ не нужно; сверхъ

того, они даютъ намъ возможность регулировать свѣтъ по нашему желанію съ помощью микрометрическаго винта. Существуетъ нѣсколько видовъ такого прибора. Мы даемъ рисунокъ прибора (рис. 19), построеннаго Мерцомъ и слегка измѣненнаго впослѣдствіи *). Изъ всѣхъ подобныхъ приборовъ это, быть можетъ, самый удобный и дѣйствительный. Свѣтъ, входя въ A, сперва встрѣчаетъ поверхность призмы P_1, помѣщенной подъ угломъ поляризаціи. Около $^{15}/_{16}$ свѣта проходитъ чрезъ призму, выходя перпендикулярно къ задней ея поверхности; около $^{1}/_{16}$ отражается и поляризовано чрезъ отраженіе. Отраженный лучъ падаетъ затѣмъ на поверхность второй призмы P_2; здѣсь устраняется значительная часть оставшагося свѣта. Остатокъ лучей отражается во внутреннюю часть окуляра параллельно своему первоначальному направленію чрезъ отверстіе вверху круглой коробки, въ которой установлены обѣ призмы.



18.



19. **Геліоскопъ Мерца.**

Верхняя коробка прикрѣплена къ нижней такимъ образомъ, что ее можно вращать около линіи CD, какъ около оси. Она содержитъ два плоскихъ зеркала изъ чернаго стекла, помѣщенныя такъ, какъ указано на рисункѣ. При данномъ расположеніи прибора глазъ, помѣщенный въ B, получалъ-бы лучъ значительной силы,—такой силы, что глазу было-бы больно. То же самое случилось-бы, если бы повернуть верхнюю часть на 180° и привести зеркала въ положеніе, означенное пунктиромъ; лучъ исходящій совпалъ бы въ такомъ случаѣ съ продолженіемъ луча падающаго. Повернемъ теперь верхнюю часть на четверть оборота, отраженный лучъ можетъ погаснуть совершенно. Если-же поворачивать ее менѣе или болѣе, чѣмъ на 90°, можно регулировать напряженность свѣта по желанію. Такъ какъ темное стекло не употребляется, всякій предметъ виденъ въ собственномъ цвѣтѣ. Другая выгода въ томъ, что здѣсь не нарушается оріентированіе солнечнаго изображенія,

*) Измѣненіе состоитъ въ замѣнѣ призмами P_1 и P_2 простыхъ рефлекторовъ изъ чернаго стекла, которые крайне легко лопаются отъ теплоты солнечнаго изображенія.

какъ это бываетъ со всякою формой діагональнаго окуляра (окуляра по діагонали). Сѣверъ, югъ, востокъ и западъ приходятся на ихъ обычныхъ и естественныхъ мѣстахъ,—обстоятельство, представляющее громадное удобство при наблюденіяхъ.

Секки, Ланглеемъ, Кристи, Пикерингомъ и другими придуманы другія формы геліоскоповъ, основанныя на поляризаціи. Каждая форма представляетъ свои преимущества, но предѣлы нашего сочиненія не позволяютъ намъ входить въ болѣе подробное разсмотрѣніе этого предмета. Мы прибавимъ только, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ, напримѣръ, при изученіи внутренняго строенія солнечныхъ пятенъ, оказалось весьма выгоднымъ примѣнять способъ Дауса, а именно: ограничить поле зрѣнія маленькою діафрагмой изъ карточки или пластинки слоновой кости, проткнутой нагрѣтою иглой. Эта діафрагма задерживаетъ всѣ лучи, идущіе отъ какой-нибудь части солнечной поверхности, кромѣ лучей той части, которая изслѣдуется въ данный моментъ.

III.

Спектроскопъ и солнечный спектръ.

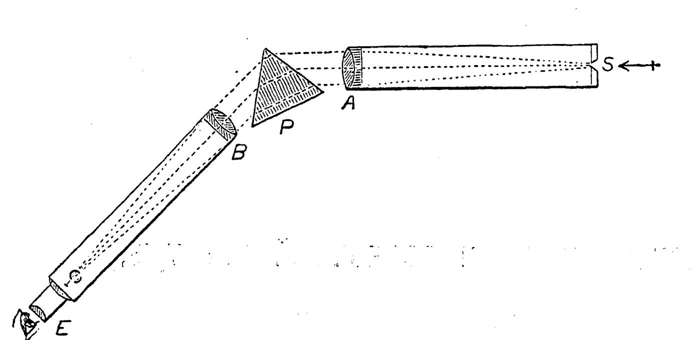
Спектръ и фраунгоферовы линіи.—Призматическій спектроскопъ; описаніе различныхъ формъ и объясненіе его дѣйствія.—Диффракціонный спектроскопъ.—Вогнутая рѣшетка.—Спектроскопъ-анализаторъ и интеграторъ.—Телеспектроскопъ и его установка.—Спектрографъ.—Объясненіе линій въ спектрѣ.—Изслѣдованія и законы Кирхгофа.—Поглощающая атмосфера и обращающій слой солнца.—Элементы, находящіеся на солнцѣ.—Изслѣдованія и гипотеза Локіера.—Основныя линіи.—Изслѣдованія Дрэпера относительно присутствія кислорода на солнцѣ.—Наблюденія Шустера.—Вліяніе движенія на длину волны и спектральныя опредѣленія движенія по направленію луча зрѣнія.

Со времени Ньютона было извѣстно, что лучъ бѣлаго свѣта, проходя чрезъ призму, разлагается на свои составные цвѣта. При извѣстныхъ условіяхъ появляется полоса, окрашенная цвѣтами радуги, которая и названа была солнечнымъ спектромъ. Въ этомъ спектрѣ Волластонъ въ 1802 году открылъ извѣстные темные оттѣнки; то-же самое открытіе вновь и независимо отъ него было сдѣлано въ 1814 году Фраунгоферомъ. Послѣдній настолько усовершенствовалъ свой приборъ и способъ наблюденія, что получилъ не только неопредѣленные оттѣнки, но ясныя, рѣзкія линіи; Фраунгоферъ начертилъ ихъ карту, обозначивъ многія изъ самыхъ главныхъ линій. Эти линіи солнечнаго спектра носятъ его имя и до настоящаго дня.

Однако Фраунгоферъ не могъ объяснить ихъ; онъ могъ только доказать, что онѣ происходятъ не въ инструментѣ и не въ земной атмосферѣ. Только послѣ появленія въ свѣтъ изслѣдованій Кирхгофа и Бунзена въ 1859 и 1860 годахъ ученый міръ оцѣнилъ ихъ значеніе и важность. Мы говоримъ о работахъ Кирхгофа и Бунзена, какъ о работахъ, составляющихъ эпоху въ наукѣ; такъ оно и было въ дѣйствительности. Въ то же самое время тайна солнечнаго спектра была раскрыта от-

части, по крайней мѣрѣ,—Стоксомъ, Томсономъ и Онгстремомъ, въ особенности послѣднимъ. Его мемуаръ, опубликованный въ 1853 году, навѣрное, доставилъ-бы автору высокую славу, если бы появился на французскомъ, англійскомъ или нѣмецкомъ языкѣ, а не на шведскомъ. Сванъ и Зантедески также дали спектроскопу почти ту самую форму, какую онъ имѣетъ въ настоящее время; много другихъ изслѣдователей, между которыми сэръ Джонъ Гершель, Уитстонъ, Фуко и Дрэперъ заслуживаютъ особаго упоминанія, содѣйствовали основанію новой науки. Изученіе спектровъ открыло новый міръ изслѣдованія и доставило такое же обширное поле нашей физикѣ и химіи, какъ телескопъ зрѣнію.

Конечно, болѣе или менѣе пространное разсмотрѣніе инструментовъ, принциповъ и методовъ спектроскопіи не соотвѣтствуетъ рамкамъ настоящей книжки: мы можемъ дать лишь очень краткій очеркъ предмета.

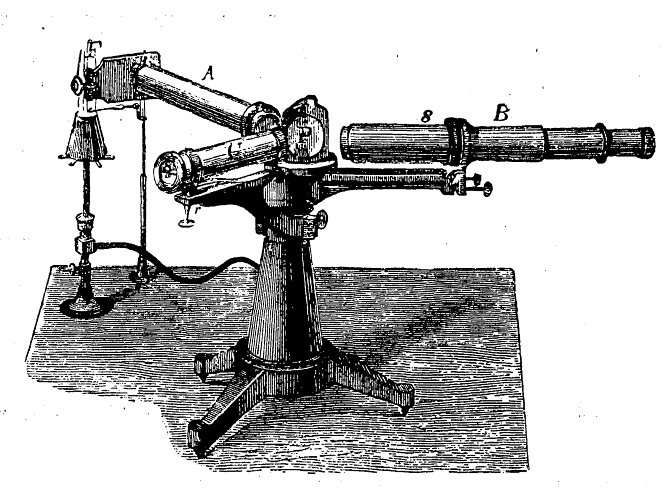


20. **Расположеніе частей въ призматическомъ спектроскопѣ.**

Прежде всего объ инструментѣ. Онъ состоитъ обыкновенно изъ трехъ частей: такъ называемаго коллиматора; прибора, анализирующаго свѣтъ, который иногда состоитъ изъ призмы или ряда призмъ, иногда изъ диффракціонной рѣшетки; и, наконецъ, трубы, черезъ которую смотрятъ и которую мы будемъ называть зрительною трубой. Рисунокъ 20 показываетъ устройство спектроскопа съ одною только призмой и ходъ свѣтовыхъ лучей въ немъ. Коллиматоръ—не что иное, какъ труба безъ окуляра, имѣющая вмѣсто окуляра узкую щель. Щель эта помѣщена какъ разъ въ фокусѣ объектива коллиматора, такъ что лучи, идущіе отъ каждой точки щели, становятся параллельными послѣ прохожденія чрезъ линзу; наблюдатель, смотря на щель чрезъ объективъ, видитъ ее такъ, какъ если бы она была предметомъ, помѣщеннымъ на небѣ. Оптически щель коллиматора удалена, такимъ образомъ, на безконечное разстояніе, между тѣмъ механически она всетаки находится у концовъ нашихъ пальцевъ, такъ что мы можемъ свободно перемѣщать и устанавливать ее. Но коллиматоръ—не существенная часть. Всѣ наблюденія Фраунгофера были сдѣланы надъ свѣтомъ, пропущеннымъ чрезъ щель въ оконной шторѣ на разстояніи 20—30 футовъ, что, очевидно, гораздо менѣе удобно: зрительная труба, которая однако не болѣе существенна, чѣмъ коллиматоръ, это—обыкновенно малый телескопъ съ объективомъ такихъ же размѣровъ, какъ объективъ коллиматора, съ увеличеніемъ отъ 5 до 20 разъ. Вообще, коллиматоръ и зрительная труба астрономическихъ

спектроскоповъ бываютъ отъ 3/4 дюйма до 2 1/2 дюймовъ (2—6 сант.) въ діаметрѣ и отъ 6 до 40 дюймовъ (15—102 сант.) длины.

Свѣтъ, пройдя чрезъ щель и объективъ коллиматора, сейчасъ-же встрѣчаетъ призму или рѣшетку; эти два предмета,—щель и призма или рѣшетка,—составляютъ, въ дѣйствительности, существенную часть прибора. Положимъ, взята призма. Нужно установить ее такъ, чтобы ея преломляющее ребро было параллельно щели. Проходя чрезъ нее, лучи отклоняются отъ своего пути, какъ показано на рисункѣ 20, и входятъ въ зрительную трубу, поставленную такъ, чтобы принять ихъ. Предположимъ теперь на моментъ, что свѣтъ, пропущенный сквозь щель,—строго однородный, скажемъ, красный. Глазъ, который смотритъ чрезъ зрительную трубу, увидитъ тогда красное изображеніе щели; по формѣ и размѣрамъ оно въ точности соотвѣтствуетъ самой щели, расширяясь, когда расширяютъ щель съ помощью микрометрическаго винта, или суживаясь, когда сближаютъ края щели. Если отверстіе имѣетъ не форму щели, а форму дуги, треугольника или квадрата, изображеніе воспроизведетъ ее, постоянно сохраняя ту же окраску, какъ пропущенный свѣтъ. Предположимъ, съ другой стороны, что свѣтъ не однороденъ, а состоитъ изъ двухъ смѣшанныхъ вмѣстѣ цвѣтовъ, скажемъ, краснаго и желтаго. Смотря на щель прямо, безъ спектроскопа, мы увидѣли бы только одно оранжевое изображеніе. Но со спектроскопомъ мы увидимъ два хорошо раздѣленныхъ изображенія: одно изъ нихъ красное, другое желтое. Это потому, что призма преломляетъ различные цвѣта неодинаково, такъ что, пройдя чрезъ призму, лучи встрѣчаютъ объективъ зрительной трубы въ различныхъ направленіяхъ и, такимъ образомъ, даютъ изображенія въ различныхъ мѣстахъ. Если свѣтъ состоитъ не изъ двухъ только цвѣтовъ, но изъ многихъ, изображенія будутъ многочисленны и будутъ расположены одно рядомъ съ другимъ, подобно кольямъ частокола. Если пропущенный свѣтъ содержитъ неопредѣленное число оттѣнковъ, изображенія щели, расположенныя одно возлѣ другаго, сольются въ сплошную цвѣтную полосу. Такъ бываетъ, когда изслѣдуютъ пламя свѣчи. Если въ пламени свѣчи особенно преобладаютъ извѣстные цвѣта, соотвѣтствующія имъ изображенія щели будутъ ярче сосѣднихъ. Если, какъ обыкновенно бываетъ, щель сужена до прямой линіи, эти изображенія щели сдѣлаются въ спектрѣ яркими линіями,—линіями только по той причинѣ, что



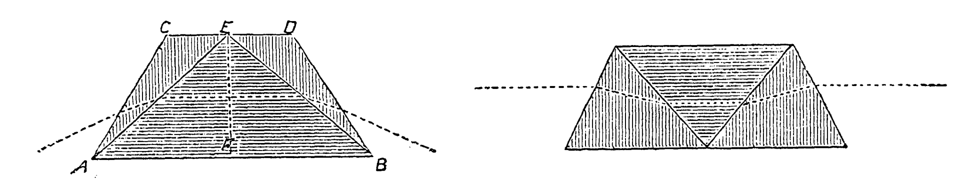
21. **Спектроскопъ Бунзена.**

сама щель есть линія; конечно, это—лучшая форма для отверстія, пропускающаго свѣтъ, если хотятъ, чтобы различныя изображенія какъ можно меньше накрывали одно другое.

Когда нѣкоторыхъ цвѣтовъ недостаетъ, не будетъ также соотвѣтствующихъ имъ изображеній щели; спектръ будетъ пересѣченъ тогда темными полосами или линіями.

Рисунокъ 21 показываетъ дѣйствительный видъ такъ называемаго химическаго спектроскопа, обыкновенно употребляемаго въ лабораторіяхъ. Кромѣ коллиматора А и зрительной трубы В, въ немъ есть еще третья труба С; въ отдаленномъ отъ призмы концѣ ея помѣщена шкала, фотографированная на стеклѣ. У ближайшаго къ призмѣ конца трубы помѣщается линза, такъ что наблюдатель, который смотритъ въ трубу, видитъ эту шкалу въ полѣ зрѣнія у края спектра. Это даетъ ему возможность точно отмѣтить положеніе линій, которыя онъ наблюдаетъ. Такое расположеніе придумано Бунзеномъ.

Часто желательно получить бо̀льшее раздѣленіе различныхъ цвѣтовъ,—большую, какъ говорятъ, дисперсію, чѣмъ можетъ произвести одна призма. Въ этомъ случаѣ лучи, пройдя чрезъ первую призму, могутъ быть пропущены чрезъ вторую, третью и такъ дальше, пока не достигнутъ зрительной трубы. Пользуясь обыкновенными призмами, трудно употреблять болѣе шести; но съ помощью отраженія



22. **Сложная призма.** 23. **Призма прямого зрѣнія.**

возможно направить лучи чрезъ второй рядъ призмъ, связанный съ первымъ; такимъ образомъ достигается дѣйствіе, возможное только при употребленіи 10—12 призмъ. Къ этому типу принадлежитъ инструментъ, употребляемый для наблюденія солнечныхъ выступовъ.

Другой путь это—употребленіе такъ называемой сложной призмы; она состоитъ изъ призмы АВЕ съ очень тупымъ преломляющимъ угломъ изъ какого-нибудь вещества, обладающаго сильнымъ свѣторазсѣяніемъ, обыкновенно изъ тяжелаго флинтгласа. Къ бокамъ призмы АВЕ приклеены двѣ призмы изъ болѣе легкаго стекла, преломляющіе углы которыхъ повернуты внизъ. У призмъ этого рода можно достигнуть гораздо большей дисперсіи, чѣмъ у простыхъ призмъ; понятно, меньшаго числа ихъ достаточно для той же цѣли. Надлежащимъ образомъ подбирая углы САЕ и ЕВD, можемъ добиться того, что желтые лучи спектра будутъ проходить чрезъ призмы, не измѣняя первоначальнаго направленія и сохраняя въ то-же время значительную дисперсію. Инструментъ съ призмами этого рода называется спектроскопомъ „прямого зрѣнія“ (à vision directe) и въ нѣкоторыхъ случаяхъ гораздо удобнѣе другихъ формъ спектроскоповъ.

Толлонъ построилъ недавно сложныя призмы, гдѣ призма изъ плотнаго стекла замѣнена полою призмой, наполненною сѣро-углеродомъ (CS^2), который обладаетъ огромною свѣторазсѣивающею силой. Съ помощью ряда такихъ призмъ онъ получилъ спектры, съ которыми можетъ соперничать только дѣйствіе лучшихъ диффракціонныхъ рѣшетокъ. Такимъ путемъ легко достигается дисперсія, равная дисперсіи 30 или 40 призмъ обыкновеннаго спектроскопа. Для обыкновенной работы эти сѣро-углеродныя призмы далеко не удовлетворительны, потому что онѣ крайне чувствительны къ малѣйшимъ измѣненіямъ температуры, что причиняетъ неправильное преломленіе въ жидкости и уничтожаетъ отчетливость спектра.

Мы употребили выраженіе: „свѣторазсѣивающая сила 30 или 40 призмъ"; но это выраженіе крайне неопредѣленно, потому что дисперсія спектроскопа зависитъ столько-же отъ его линейныхъ размѣровъ, сколько отъ рода и числа призмъ; она пропорціональна его размѣрамъ. Это значитъ: если въ данномъ спектроскопѣ удвоить величину его призмъ, діаметръ и фокусное разстояніе его коллиматора и зрительной трубы, оставивъ, впрочемъ, прежними щель и окуляръ, его дисперсія удвоится. Такимъ образомъ, инструментъ съ одною большою призмой можетъ равняться по своей мощности меньшему инструменту со многими призмами.

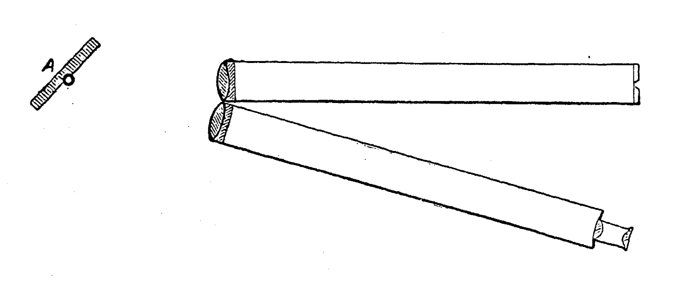
Лордъ Релей показалъ, что *разрѣшающая* сила спектроскопа, построеннаго съ призмами даннаго вещества, зависитъ отъ длины пути, который, проходя чрезъ нихъ, пробѣгаютъ свѣтовыя лучи.

Какъ было сказано, призму можно было замѣнить въ спектроскопѣ диффракціонной рѣшеткой. Эта диффракціонная рѣшетка есть не что иное, какъ система близкихъ, равноотстоящихъ параллельныхъ линій, проведенныхъ на пластинкѣ изъ стекла или полированнаго металла, употребляемаго для зеркала рефлекторовъ. Чѣмъ чаще линіи, тѣмъ больше дисперсія; чѣмъ больше поверхность, на которой проведены эти линіи, тѣмъ больше свѣта въ распоряженіи наблюдателя, если только коллиматоръ и зрительная труба достаточно велики, чтобы воспользоваться всею рѣшеткой. Чѣмъ больше общее число линій, тѣмъ выше разрѣшающая сила рѣшетки или способность раздѣленія тѣсныхъ линій въ спектрѣ.

Едва ли необходимо говорить, что приготовленіе удовлетворительной рѣшетки дѣло совсѣмъ не легкое. Приготовить поверхность оптически точную и провести на ней совершенно прямыя линіи, равноотстоящія и параллельныя, 20 000 въ одномъ дюймѣ или около того, притомъ всѣ одинаковой ширины и глубины, это— одна изъ наиболѣе тонкихъ и трудныхъ механическихъ операцій. Первыя рѣшетки, приспособленныя для спектроскопа, были приготовлены въ Америкѣ около 1871 года Резсерфордомъ въ Нью-Іоркѣ; онъ пользовался особой линовальной машиной, придуманной и построенной для этой цѣли. Рѣшетки эти были въ первый разъ примѣнены къ спектральному изслѣдованію солнца авторомъ настоящей книги въ 1873 году. Въ 1881 году, когда появилось первое изданіе этой книги, было уже приготовлено много очень хорошихъ рѣшетокъ съ поверхностью около двухъ квадратныхъ дюймовъ и съ 17 280 линіями въ дюймѣ. Одна изъ подобныхъ рѣшетокъ, постоянно употребляемая въ Принстонской обсерваторіи, особенно превосходна и развѣ только по величинѣ уступаетъ великолѣпнымъ образцамъ, приготовляемымъ нынѣ въ Балтиморѣ удивительною машиной профессора Роланда. Машина Роланда съ ея новѣйшими улучшеніями въ настоящее время не имѣетъ себѣ равныхъ; она

почти идеально совершенна. Съ 1882 года Роландъ сталъ приготовлять рѣшетки замѣчательнаго качества: у наибольшихъ поверхность около $5^1/_2 \times 4$ дюймовъ; на нихъ помѣщается болѣе 100 000 линій (20 000 въ дюймѣ). Эти рѣшетки получили широкое распространеніе между учеными наблюдателями; можно безъ преувеличенія утверждать, что всѣ новыя важныя изслѣдованія надъ солнечнымъ спектромъ (исключая работъ одного только Толлона) обязаны своимъ успѣхомъ именно Роландовымъ рѣшеткамъ.

Объяснять, какимъ образомъ рѣшетка производитъ диффракціонные спектры, это не входитъ въ нашу задачу. Для этого отсылаемъ читателя къ какому нибудь хорошему руководству по оптикѣ. Скажемъ только мимоходомъ, что диффракція не имѣетъ ничего общаго съ рефракціей (преломленіемъ); она зависитъ отъ того обстоятельства, что эфирныя волны, изъ которыхъ состоитъ свѣтъ, при извѣстныхъ условіяхъ „интерферируютъ“ одна съ другой и производятъ блестящіе цвѣтовые эффекты. Мы говорили „спектры“: въ самомъ дѣлѣ, тогда какъ призма даетъ одинъ только спектръ, рѣшетка даетъ много; при этомъ дисперсія ихъ неодинакова, что часто представляетъ свои удобства. Разумѣется, ни одинъ изъ спектровъ не представляетъ такой яркости, какою онъ обладалъ бы, если бъ былъ единственнымъ; но, когда рѣчь идетъ о солнечномъ свѣтѣ, это имѣетъ мало значенія. Кромѣ того, если дать соотвѣтственную форму острію алмаза, который чертитъ линіи, и урегулировать соотвѣтственнымъ образомъ глубину нарѣза, возможно приготовить рѣшетки, у которыхъ наибольшее количество свѣта будетъ собрано въ одномъ изъ спектровъ на счетъ остальныхъ.



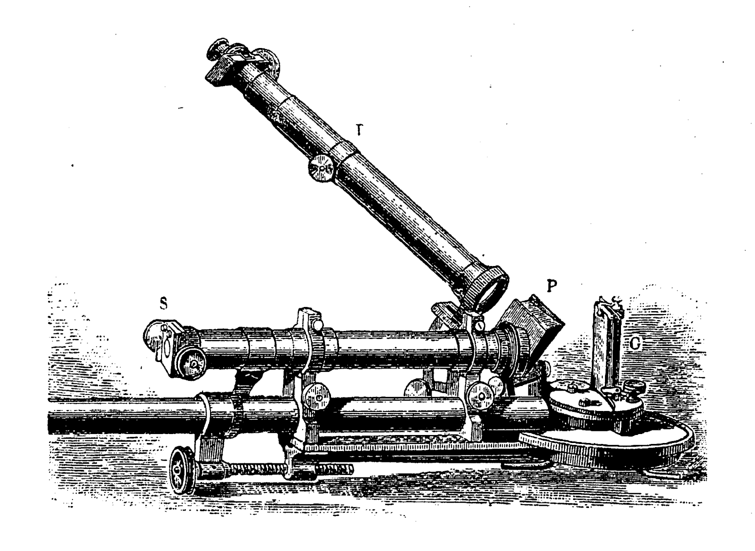
24. **Диффракціонный спектроскопъ.**

Если соединить хорошую рѣшетку съ подходящими коллиматоромъ и зрительною трубой, мы получимъ спектроскопъ, который для большей части солнечныхъ изслѣдованій окажется несравненно сильнѣе и удобнѣе какого бы то ни было призматическаго инструмента тѣхъ же размѣровъ. Поэтому на практикѣ диффракціонные спектроскопы почти вытѣснили въ этой области изслѣдованія всѣ другія.

Рисунокъ 24 показываетъ расположеніе различныхъ частей такого инструмента. Объективы коллиматора и зрительной трубы помѣщены рядомъ; такъ какъ коллиматоръ и зрительная труба должны быть направлены на центръ рѣшетки, ихъ трубы образуютъ по-возможности малый уголъ, чтобы можно было поставить рѣшетку на удобномъ разстояніи. Рѣшетка укрѣплена въ станкѣ, ось котораго въ A, такъ что она можетъ вращаться въ плоскости дисперсіи; линіи, изъ которыхъ рѣшетка состоитъ, параллельны этой оси. Станокъ, несущій рѣшетку, долженъ быть построенъ такъ, чтобы поддерживать ее устойчиво и крѣпко безъ малѣйшаго усилія, потому что для хорошаго дѣйствія существенно, чтобы поверхность была совер-

шенно плоская. Неправильное давленіе на одинъ изъ угловъ, хотя бы оно не превышало 30 граммовъ, въ значительной степени дѣйствуетъ на результатъ; а 120 граммовъ согнутъ пластинку настолько, что совершенно уничтожатъ отчетливость изображенія. Спектры различныхъ порядковъ накрываютъ другъ друга: красный конецъ спектра втораго порядка покрываетъ синій конецъ у спектра третьяго порядка и т. д. Поэтому иногда необходимо раздѣлить ихъ. Какъ достигнуть этого,— впервые указано Фраунгоферомъ: между рѣшеткой и зрительною трубой нужно вставить одну призму, у которой плоскость дисперсіи перпендикулярна къ плоскости дисперсіи рѣшетки; телескопъ наклоненъ при этомъ подъ такимъ угломъ, чтобы могъ принять лучи. Призма прямаго зрѣнія въ окулярѣ достигаетъ той же цѣли, хотя менѣе удовлетворительно. Во многихъ случаяхъ достаточно темнаго стекла, окрашеннаго въ подходящій цвѣтъ.

Рисунокъ 25 представляетъ фотографическій снимокъ инструмента, употребляемаго въ настоящее время въ Принстонѣ для наблюденій надъ солнечными выступами. Онъ присоединенъ къ девятидюймовому экваторіалу; его коллиматоръ и зритель-

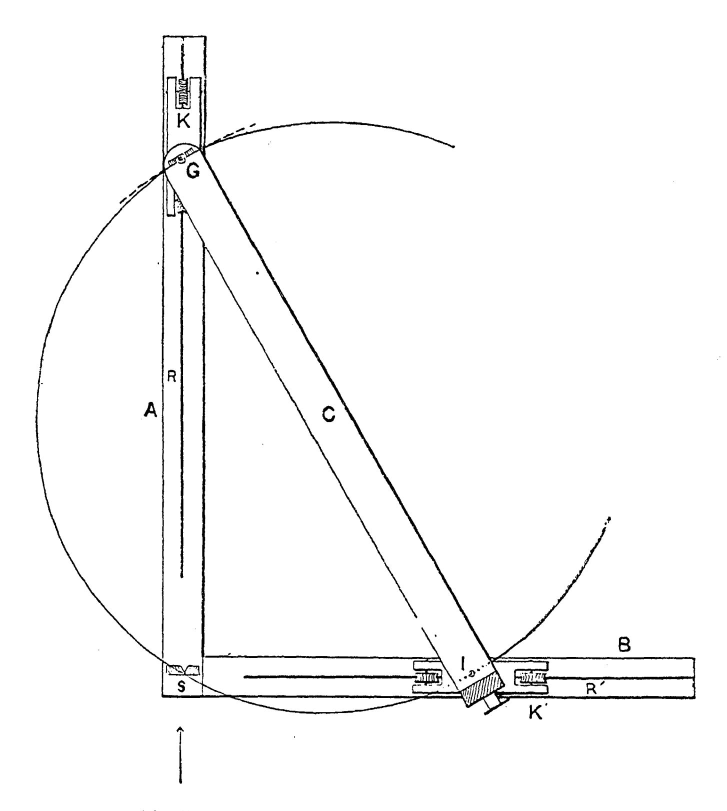


25. **Принстонскій спектроскопъ.**

ная труба только около 13 дюймовъ (325 мм.) длины, при діаметрѣ около 1¼ дюйма (31 мм.). Призма P употребляется только при случаѣ и можетъ быть легко удалена. Зрительная труба T понижается тогда до одного уровня съ коллиматоромъ, такъ что становится перпендикулярной къ линіямъ рѣшетки.

Существуетъ однако такая форма диффракціоннаго спектроскопа, изобрѣтенная профессоромъ Роландомъ, у которой рѣшетка не плоская, а в о г н у т а я, безъ коллиматора и зрительной трубы. Для извѣстныхъ изслѣдованій, напримѣръ, для составленія карты солнечнаго спектра или карты металлическихъ спектровъ, также для сравненія между собой различныхъ спектровъ, такой спектроскопъ са-

мый сильный и дѣйствительный изъ всѣхъ спектральныхъ приборовъ. Устройство его указано на рисункѣ 26. Рѣшетка G укрѣплена на одномъ концѣ твердаго стержня C; на другомъ концѣ его помѣщенъ окуляръ. При помощи двухъ шпилей стержень C приводится въ сообщеніе съ двумя салазками. У одного шпиля центръ приходится какъ разъ подъ центромъ поверхности рѣшетки; у другого—въ J, на разстояніи радіуса шаровой поверхности рѣшетки отъ перваго. Салазки ходятъ по рельсамъ R и R₁. Рельсы неподвижно установлены подъ прямымъ угломъ другъ къ другу на двухъ крѣпкихъ стержняхъ A и B; въ точкѣ, гдѣ встрѣчаются продолженія рельсовъ, помѣщается щель S; J всегда приходится на окружности круга, котораго діаметръ



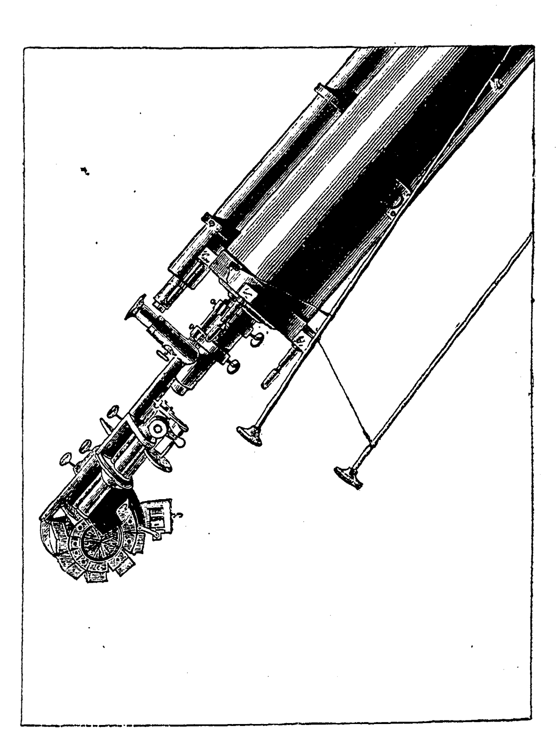
26. **Спектроскопъ съ вогнутою рѣшеткою.**

G J. При такихъ условіяхъ свѣтъ, проходя чрезъ щель и падая на рѣшетку, образуетъ въ J отлично фокусированный спектръ, который можно разсматривать съ помощью окуляра.

Если желаемъ, въ J можно помѣстить фотографическую пластинку; тогда получимъ и фотографію спектра. Если перемѣстить J направо, оно приближается къ красному концу спектра; при перемѣщеніи налѣво—къ фіолетовому. При шестидюймовой рѣшеткѣ стержень G J бываетъ обыкновенно отъ 15 до 25 футовъ длины; дисперсія получается огромная. Приборъ устанавливается въ боль-

шомъ, совершенно темномъ помѣщеніи. Солнечный свѣтъ впускается туда съ помощью зеркала геліостата, чрезъ отверстіе, соотвѣтственнымъ образомъ защищенное. Съ приборомъ такого рода профессоръ Роландъ построилъ свою большую фотографическую карту солнечнаго спектра (стр. 49) и изучалъ спектры почти всѣхъ химическихъ элементовъ. Излагать теорію этого инструмента—это значило-бы выйти за предѣлы нашей книги; кто достаточно знакомъ съ высшею математикой, найдетъ ее въ „Encyclopaedia Britannica", въ статьѣ „Wave-theory of Light", § 14.

Призматическій и диффракціонный (или интерференціонный) спектръ до нѣкоторой степени отличаются одинъ отъ другого, конечно, не порядкомъ цвѣтовъ или линій, но относительнымъ разстояніемъ между ними. Въ призматическомъ спектрѣ красная и желтая части очень сжаты, а фіолетовая очень широка; въ диффракціонномъ спектрѣ какъ разъ наоборотъ: въ фіолетовой части линіи сближены, въ красной—широко раздвинуты.



27. **Телеспектроскопъ.**

Въ диффракціонномъ спектрѣ линіи почти совершенно прямыя; въ призматическомъ обыкновенно болѣе или менѣе искривлены. Мы говоримъ „обыкновенно", потому что бываютъ такія формы спектроскоповъ съ сильною дисперсіей, у которыхъ эта кривизна исправлена. Кривизна эта происходитъ отъ того, что лучи отъ верхней и нижней частей щели встрѣчаютъ преломляющую поверхность не подъ тѣмъ угломъ, какъ лучи отъ средины щели; поэтому преломляются они различно. Вслѣдствіе этого, изображенія щели, изъ которыхъ составляется спектръ, не прямыя, а искривленныя.

Мы можемъ добавить, что темныя линіи, которыя часто перерѣзаютъ спектръ по всей его длинѣ, происходятъ просто отъ частицъ пыли, находящихся у краевъ щели. Почти невозможно сдѣлать и содержать края щели чистыми и гладкими, чтобы линіи этого рода не появлялись, когда отверстіе очень узко.

Спектроскопъ можно употреблять двумя совершенно различными способами: можно просто направить его коллиматоръ на источникъ свѣта, или можно вста-

вить линзу между щелью и свѣтящимся предметомъ, такъ чтобы получить изображеніе послѣдняго на щели.

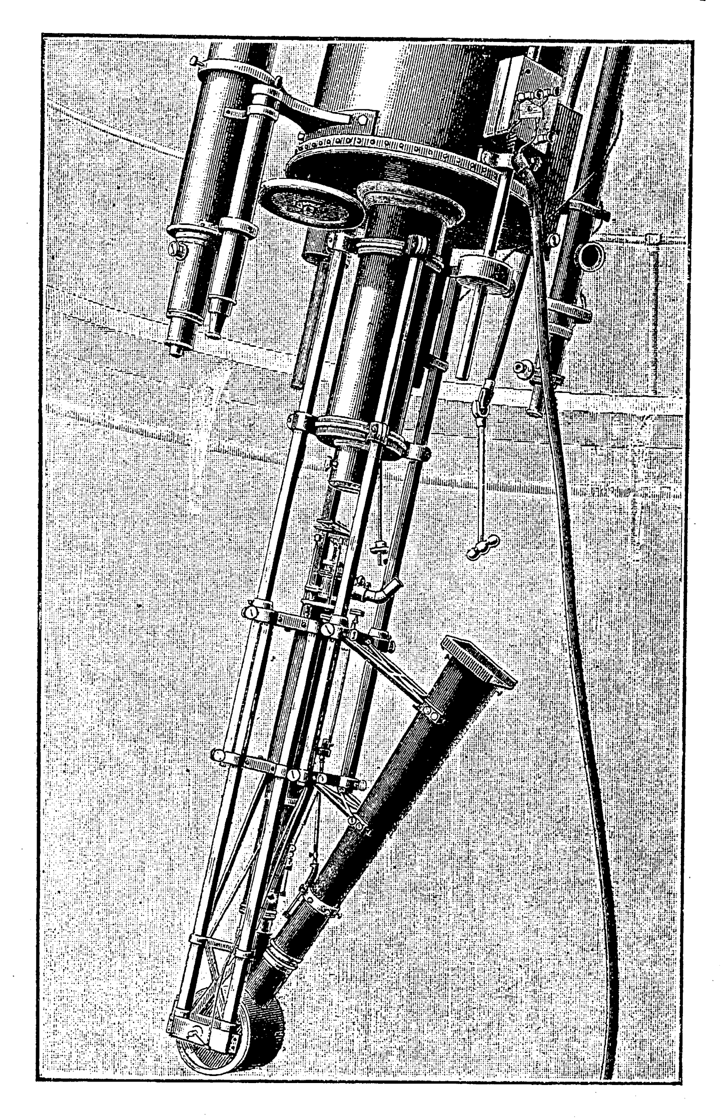
Въ первомъ случаѣ инструментъ называется спектроскопомъ-интеграторомъ: каждая точка щели получаетъ свѣтъ отъ всего свѣтящагося предмета, такъ что спектръ одинаковъ по всей его ширинѣ и представляетъ средній свѣтъ предмета; онъ складываетъ, такъ сказать, все въ одну кучу. Во второмъ случаѣ разныя части щели освѣщены свѣтомъ отъ разныхъ частей предмета. Верхняя часть щели получаетъ свѣтъ отъ одной точки, средина щели—отъ другой, а нижняя часть—отъ третьей. Такимъ образомъ, если свѣтъ, испускаемый тремя точками, неодинаковъ, ихъ спектры будутъ также различны; наблюдатель найдетъ, что различныя поперечныя части спектра будутъ непохожи одна на другую: верхняя часть будетъ не одинакова со среднею; средняя часть будетъ отличаться отъ нижней. Приборъ такого устройства называется спектроскопомъ-анализаторомъ: онъ даетъ намъ средство получить отдѣльные спектры отъ различныхъ частей предмета и анализировать его строеніе; примѣръ—солнечное пятно и его окрестности. Для большей части изслѣдованій, въ особенности астрономическихъ, онъ наиболѣе удовлетворителенъ. Приблизительно той же цѣли можно достигнуть въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ, напримѣръ, при анализѣ планетъ, помѣщая щель совсѣмъ близко къ свѣтящемуся предмету, но обыкновенно много удобнѣе и лучше пользоваться чечевицей. Въ астрономическихъ работахъ обыкновенно объективъ большого экваторіала даетъ изображеніе небеснаго предмета; спектроскопъ-же помѣщенъ у окулярнаго конца телескопа, при чемъ окуляръ удаленъ. Такой сложный инструментъ часто называется телеспектроскопомъ. Рисунокъ 27 представляетъ приборъ, давно употребляемый на обсерваторіи Дартмоузскаго Колледжа.

Обыкновенно весьма важно, чтобы щель инструмента приходилась какъ разъ въ фокальной плоскости объектива телескопа для тѣхъ лучей, которые спеціально изслѣдуются. Вслѣдствіе такъ называемаго „вторичнаго спектра“ ахроматической чечевицы эта фокальная плоскость для различныхъ цвѣтовъ совершенно различна; требуется вдвигать или выдвигать спектроскопъ для того, чтобы, смотря по обстоятельствамъ, измѣнять разстояніе его щели отъ большого объектива телескопа. Той же цѣли можно достигнуть (правда, менѣе удовлетворительно), если помѣстить вторую линзу между объективомъ и щелью, совсѣмъ близко къ послѣдней. Перемѣщая эту линзу, мы можемъ привести фокусъ къ точному совпаденію со щелью. Если пренебречь этими предосторожностями, многія самыя интересныя и важныя спектральныя наблюденія станутъ невозможными. Какъ уже было упомянуто, въ связи съ спектроскопомъ часто примѣняется фотографія. Такому соединенному прибору дано названіе спектрографа.

Рисунокъ 28 представляетъ спектрографъ, соединенный съ 23-дюймовымъ экваторіаломъ Хольстедской обсерваторіи въ Принстонѣ. Какъ показано на рисункѣ, у у него есть рѣшетка, но по желанію можно замѣнить рѣшетку рядомъ призмъ.

Нѣкоторыя преимущества фотографіи сами по себѣ очевидны: таковы быстрота и точность, съ которыми можно воспроизвести карту любой части спектра, въ сравненіи съ медлительнымъ и утомительнымъ процессомъ рисованія. Кромѣ того, наши новыя пластинки допускаютъ какую угодно продолжительность экспозиціи (тогда какъ старыя „мокрыя“ пластинки высыхали въ нѣсколько минутъ):

поэтому онѣ позволяютъ намъ получать удовлетворительные негативы спектровъ слишкомъ слабыхъ для наблюденій визуальныхъ, производимыхъ непосредственно глазомъ. Наконецъ, существуетъ длинный рядъ ультрафіолетовыхъ спектровъ; ихъ



28. **Большой Принстонскій спектроскопъ, приспособленный для фотографированья.**

лучи состоятъ изъ волнъ слишкомъ короткой длины и слишкомъ большой „высоты"; поэтому они недоступны для человѣческаго глаза и въ то же время легко воспроизводятся фотографіей.

Въ свою очередь, обыкновенная фотографическая пластинка никоимъ образомъ не безпристрастна: она крайне чувствительна къ синему и пурпуровому цвѣтамъ и крайне нечувствительна къ зеленому, желтому и красному. Правда, новыя изохроматическія и ортохроматическія пластинки лучше въ этомъ отношеніи; пользуясь ими (при порядочномъ запасѣ терпѣнія), возможно нынѣ работать вплоть до краснаго конца видимаго спектра.

A a B C D E b F G H

29. Фраунгоферовы линіи.

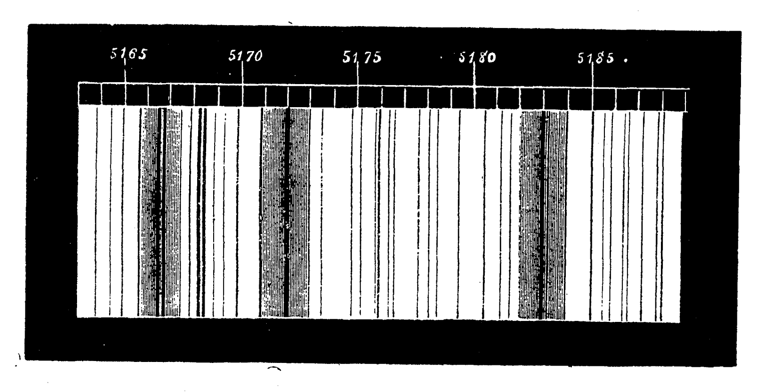
Если коллиматоръ спектроскопа какой либо формы направленъ на обыкновенную лампу или на раскаленную известь пламени кальція, наблюдатель получитъ непрерывный спектръ,—цвѣтную полосу, представляющую рядъ оттѣнковъ отъ краснаго до фіолетоваго, безъ какихъ бы то ни было чертъ или линій. Если инструментъ обращенъ къ солнцу, мы получимъ нѣчто болѣе интересное:—цвѣтную полосу, какъ раньше, но перерѣзанную сотнями и тысячами темныхъ линій; изъ нихъ однѣ тонкія и черныя, подобно волоскамъ, натянутымъ поперекъ спектра, другія туманныя и неясныя.

Большая часть этихъ линій изо дня въ день сохраняютъ свой видъ и положеніе во всѣхъ подробностяхъ. Другія изъ нихъ временами становятся замѣтнѣе. Когда солнце близко къ горизонту, начинаютъ особенно выдѣляться извѣстныя линіи въ красномъ и желтомъ цвѣтахъ; отсюда заключаютъ, что онѣ имѣютъ какую то связь съ земною атмосферой. Рисунокъ 29 представляетъ фраунгоферову карту солнечнаго спектра. Онъ показываетъ, что можно увидѣть съ превосходнымъ спектроскопомъ объ одной только призмѣ; на немъ не переданъ только цвѣтъ. На рисункѣ 30 изображена очень малая часть спектра въ зеленомъ цвѣтѣ, какъ онъ получается въ весьма сильномъ спектроскопѣ. Шкала та же, что у карты Онгстрема. Большія густыя линіи извѣстны какъ малая b — группа. Онѣ происходятъ, какъ мы скоро увидимъ, отчасти отъ присутствія въ солнечной атмосферѣ желѣза и никкеля въ газообразномъ состояніи, отчасти отъ присутствія магнія.

Спектральныя карты.

Существуетъ много картъ солнечнаго спектра: первыя карты, имѣющія научное значеніе, принадлежали Кирхгофу. Онѣ появились въ 1861—62 годахъ. Ихъ шкала была чисто произвольная. Она не была даже проведена послѣдовательно во всѣхъ картахъ.

Поэтому, когда Онгстремъ издалъ въ 1867 году свою карту „нормальнаго спектра“, сдѣланную съ помощью диффракціонной рѣшетки и по шкалѣ длины волнъ (единица шкалы соотвѣтствовала одной десятимилліонной миллиметра), его карта быстро вытѣснила карту Кирхгофа, и до сихъ поръ ею пользуются для справокъ. Рѣшетка Онгстрема была однако несовершенна; въ настоящее время принята за „образецъ“ (the standard) фотографическая карта Роланда, ведущая начало приблизительно съ 1890 года. Она обнимаетъ ультрафіолетовую часть съ λ *) 3 000 и простирается чрезъ видимый спектръ въ красную часть до λ 6 900, какъ разъ подъ линіей B. Весьма жаль, что она нейдетъ ниже. Но Хигсъ въ Ливерпулѣ издалъ рядъ фотографическихъ снимковъ различныхъ частей спектра, и два изъ нихъ дополняютъ Роландову карту до нижняго предѣла фотографической способности. По ясности и красотѣ исполненія карты Хигса превосходятъ все, что было сдѣлано въ этомъ направленіи. Большая карта



30. **b—группа въ солнечномъ спектрѣ.**

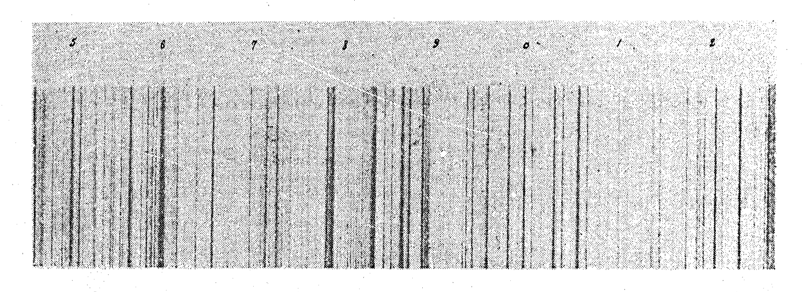
Толлона представляетъ только нижнюю часть спектра и страдаетъ тѣмъ же недостаткомъ, какъ и карта Кирхгофа: произвольною шкалой. Особенность ея заключается въ томъ, что она представляетъ видъ спектра сообразно съ различными высотами солнца.

Какъ выше верхняго или фіолетоваго конца спектра существуютъ невидимые лучи, такъ и ниже краснаго конца имѣется длинный рядъ лучей, у которыхъ длина волны такъ велика, что человѣческій глазъ не можетъ ихъ замѣтить. Фотографія вводитъ насъ внутрь этой инфра-красной области, но недалеко. Большая часть нашихъ свѣдѣній объ этой части спектра основана на „болометрическихъ“ работахъ профессора Ланглея, которыми мы займемся болѣе спеціально, говоря о теплотѣ солнца. Ланглей уже успѣлъ показать, что этотъ „тепловой спектръ“, какъ его иногда называютъ, наполненъ темными полосами и линіями. Затѣмъ Ланглей установилъ положеніе многихъ изъ нихъ.

---

*) λ есть знакъ, вошедшій во всеобщее употребленіе для „длины волны“ свѣтоваго луча. „λ 3 000“ обозначаетъ ту часть спектра (въ данномъ случаѣ невидимую), гдѣ длина волны равна 3 000 десятимилліоннымъ миллиметра.

Въ этихъ случаяхъ источникомъ свѣта было солнце или обыкновенное пламя. Изслѣдуемъ теперь спектроскопомъ электрическую искру, или дугу между концами углей, или свѣтъ, который получается отъ тока индукціонной катушки, проходящаго чрезъ разрѣженный газъ. Мы получимъ спектръ совершенно иного рода, — спектръ, состоящій изъ яркихъ линій на темномъ или слабо освѣщенномъ фонѣ. Мы найдемъ, что при тожественныхъ условіяхъ этотъ спектръ всегда бываетъ одинаковъ, что онъ зависитъ, главнымъ образомъ, отъ вещества электродовъ (точекъ, между которыми происходитъ разрядъ) и отъ природы газа, чрезъ который проходитъ электричество, но до извѣстной степени также отъ плотности газа и напряженія электрическаго разряда. Точно также, если въ синее пламя Бунзеновой горѣлки или даже спиртовой лампочки введены нѣкоторыя легко испаряющіяся соли, пламя становится окрашеннымъ, и его спектръ состоитъ изъ яркихъ линій, вполнѣ характерныхъ для металла, соль котораго введена въ пламя. Пламя обык-



31. **Часть спектра между α и $\varkappa$—по Хигсу.**

новенной свѣчки почти всегда показываетъ намъ одну яркую желтую линію; это замѣтили за много лѣтъ до того, какъ Сванъ въ 1857 году объяснилъ это присутствіемъ натрія, который въ видѣ поваренной соли распространенъ повсюду.

Фраунгоферъ съ 1814 года открылъ, что эта линія (или, скорѣе, линіи, потому что въ дѣйствительности здѣсь двѣ линіи, которыя легко раздѣлить, пользуясь спектроскопомъ небольшой силы) точно совпадаетъ съ двойною линіей въ солнечномъ спектрѣ, которую онъ назвалъ D. Онъ нашелъ ту же самую линію въ спектрахъ нѣкоторыхъ звѣздъ. Но онъ не зналъ, что эта линія принадлежитъ натрію; иначе онъ, по всей вѣроятности, почти полустолѣтіемъ раньше сдѣлалъ бы открытіе, легшее въ основу новаго спектральнаго анализа. Какъ было уже раньше замѣчено, принципы, на которыхъ основывается этотъ анализъ, были повидимому болѣе или менѣе ясно поняты нѣсколькими лицами,—въ особенности Стоксомъ и Онгстремомъ,—еще раньше 1859 года, когда вышелъ мемуаръ Кирхгофа. Но только работа Кирхгофа первая принесла плоды.

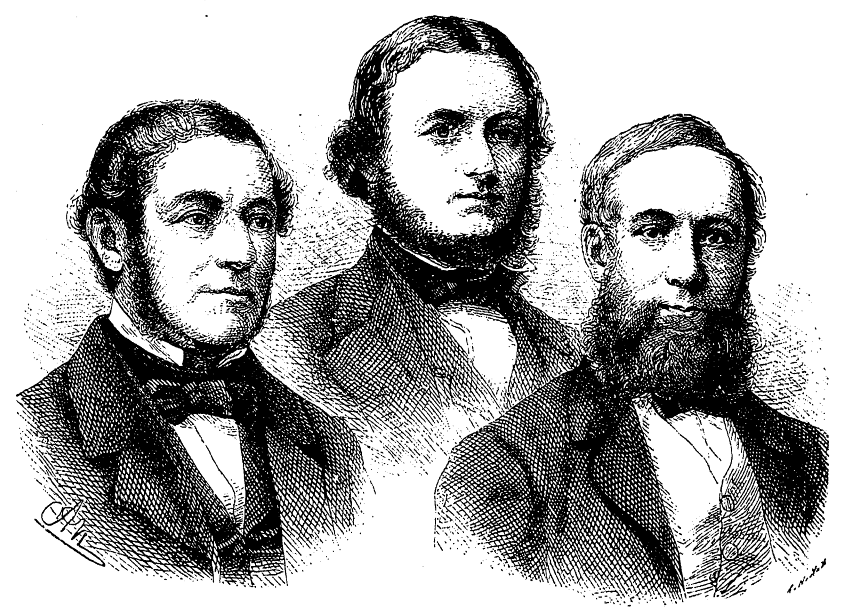
Изслѣдованія Кирхгофа.

Здѣсь нѣтъ нужды повторять старый разсказъ объ открытіи: Кирхгофъ нашелъ, что D—линіи въ спектрѣ солнечнаго свѣта появляются съ большею напряженностью, когда солнечный свѣтъ пропускается чрезъ пламя, содержащее пары

натрія; напротивъ, когда между солнцемъ и пламенемъ поставленъ экранъ, линіи всегда ярки, какъ обыкновенно бываетъ у такого пламени. Далѣе онъ нашелъ, что точно такое же явленіе наблюдается, если помѣстить позади пламени натрія цилиндръ изъ раскаленной извести: яркія линіи спектра пламени также обращаются въ темныя *). То же самое установлено Кирхгофомъ для пламени, окрашеннаго литіемъ.

Его результаты могутъ быть изложены слѣдующимъ образомъ:

1. Твердыя и жидкія тѣла, будучи раскалены, даютъ непрерывные спектры; теперь мы знаемъ, что то же самое справедливо и для газовъ, находящихся подъ большимъ давленіемъ.



32. **Бунзенъ.** **Кирхгофъ.** **Геггинсъ.**

2. Газообразныя тѣла (пока они не сжаты) даютъ прерывистый спектръ, состоящій изъ яркихъ линій и полосъ; эти спектры съ яркими линіями различны и характерны для различныхъ веществъ, такъ что по спектру можно узнать составъ вещества.

3. Когда свѣтъ отъ твердаго или жидкаго раскаленнаго тѣла проходитъ чрезъ газъ, газъ поглощаетъ какъ разъ тѣ лучи, изъ которыхъ состоитъ собственный его спектръ; поэтому получается спектръ, пересѣкаемый черными линіями; онѣ располагаются на тѣхъ самыхъ мѣстахъ, гдѣ были бы яркія линіи въ спектрѣ одного только газа.

---

*) Линіи, полученныя этимъ путемъ, очень черны; иногда съ трудомъ вѣрится, что онѣ въ дѣйствительности ярче, чѣмъ были раньше, пока позади пламени не поставили известковаго цилиндра. Между тѣмъ это такъ и есть. Чернота ихъ только кажущаяся и происходитъ отъ ихъ контраста съ болѣе яркимъ фономъ непрерывнаго спектра раскаленной извести. Эту истину легко доказать простымъ опытомъ.

Отсюда Кирхгофъ заключилъ, что свѣтящаяся поверхность солнца („фотосфера“) состоитъ изъ твердаго или жидкаго вещества, которое само по себѣ дастъ чисто непрерывный спектръ; что темныя линіи въ спектрѣ происходятъ отъ прохожденія свѣта черезъ выше лежащую атмосферу. Онъ полагалъ, что фотосфера есть сплошная жидкая оболочка, — расплавленный океанъ. Но многочисленные факты съ тѣхъ поръ поставили почти внѣ сомнѣнія, что фотосфера представляетъ скорѣе оболочку изъ „облаковъ“, состоящихъ изъ мельчайшихъ капель или пыли и плавающихъ въ низшихъ областяхъ солнечной атмосферы.

Если поэтому въ солнечной атмосферѣ, между нами и фотосферой имѣется натрій, мы должны найти въ солнечномъ спектрѣ тѣ темныя линіи, которыя въ спектрѣ паровъ натрія представляются яркими. Мы дѣйствительно находимъ ихъ. Если тамъ есть магній, его присутствіе обнаружится въ тѣхъ же явленіяхъ. Такъ оно и есть на самомъ дѣлѣ. Это справедливо для всѣхъ веществъ, которыя обнаружены спектральнымъ анализомъ.

Обращающій слой.

Если этотъ взглядъ правиленъ, отсюда вытекаетъ выводъ: эта атмосфера, содержащая въ газообразномъ состояніи вещества, присутствіе которыхъ обнаруживается темными линіями обыкновеннаго спектра (обращающій слой солнца, какъ теперь часто ее называютъ),—эта атмосфера дала бы спектръ съ яркими линіями, если бы мы могли уединить ея свѣтъ отъ свѣта фотосферы. Наблюденіе этого факта возможно только при особенныхъ условіяхъ. Во время полнаго солнечнаго затменія, въ тотъ моментъ, когда надвигающаяся луна покроетъ дискъ солнца, солнечная атмосфера проэктируется, понятно, въ точкѣ, гдѣ исчезъ послѣдній солнечный лучъ. Если установить спектроскопъ такимъ образомъ, чтобы его щель была касательною къ солнечному изображенію въ точкѣ соприкосновенія, мы увидимъ прекраснѣйшее явленіе. Луна подвигается впередъ, остающійся серпъ солнечнаго диска дѣлается уже и уже; темныя линіи спектра по большей части остаются безъ чувствительнаго измѣненія, хотя становятся нѣсколько напряженнѣе. Но вотъ немногія линіи начинаютъ блекнуть; нѣкоторыя за одну—двѣ минуты до полной фазы затменія пріобрѣтаютъ даже слабый блескъ. Зато какъ только скроется солнце, почти внезапно по всей длинѣ спектра, въ красномъ, зеленомъ, фіолетовомъ, сверкнутъ сотни и тысячи яркихъ линій, мгновенныхъ, какъ искры взорвавшейся ракеты, и такъ же быстро исчезающихъ, потому что все явленіе проходитъ въ двѣ или три секунды. Этотъ слой имѣетъ въ толщину повидимому немного менѣе 1 600 километровъ; движеніе луны очень скоро скрываетъ его.

Этого явленія искали въ первыя же затменія послѣ того, какъ солнечная спектроскопія сдѣлалась наукой. Однако оно было пропущено въ 1868 и 1869 годахъ: для его наблюденія требуется весьма точная установка приборовъ. Въ первый разъ его дѣйствительно наблюдали только въ 1870 году. До сихъ поръ не оказалось возможнымъ наблюдать этотъ спектръ съ яркими линіями иначе, какъ во время затменій, потому что его пересиливаетъ освѣщеніе земной атмосферы.

*) Наблюденія, сдѣланныя авторомъ въ 1870 году, получили блестящее подтвер-

*) Дополненіе къ русскому изданію. Помѣщено авторомъ въ Popular Astronomy, 1897—98 Vol. V, № 6. Начало и конецъ отмѣчены звѣздочками.

жденіе со стороны фотографіи во время полнаго затменія 1896 года. Шекльтонъ, фотографъ англійской экспедиціи на станціи Новая Земля (единственная экспедиція, которой не разстроила дурная погода), получилъ въ критическій моментъ мгновенный фотографическій снимокъ съ помощью такъ называемой „призматической камеры". Это—камера съ двумя (въ данномъ случаѣ) большими призмами впереди ея оптическаго стекла; никакого коллиматора не употребляется; это—фотографическій „спектроскопъ безъ щели".

Когда луна надвинется на солнце и оставитъ незакрытымъ лишь крайне узкій серпъ, этотъ серпъ самъ дѣйствуетъ, какъ щель обыкновеннаго спектроскопа.

Фотографическіе снимки, полученные съ такимъ инструментомъ предъ самымъ наступленіемъ полной фазы, совершенно похожи на обыкновенный солнечный спектръ. Разница лишь въ томъ, что темныя фраунгоферовы линіи замѣнены темными серпами:—негативными, такъ сказать, изображеніями еще непокрытой части солнечнаго диска. Скоро фотосфера исчезаетъ; остается серпъ, гораздо болѣе блѣдный. Это—солнечная атмосфера. Сдѣлаемъ въ этотъ моментъ фотографическій снимокъ. Если наблюденіе 1870 года было правильно, снимокъ долженъ дать рядъ яркихъ изображеній на мѣстѣ прежнихъ темныхъ. Такъ и оказалось.

Шекльтонъ слѣдилъ за убывающимъ серпомъ съ небольшой призмой прямого зрѣнія. Въ тотъ моментъ, когда исчезъ блестящій спектръ съ темными линіями, онъ „нажалъ кнопку" и поймалъ на своей пластинкѣ „спектръ вспышки", какъ назвалъ его Локіеръ. Экспозиція длилась около полусекунды. Фотографическій снимокъ представляетъ длинный рядъ изъ нѣсколькихъ сотъ яркихъ кривыхъ изображеній. Почти 250 лежатъ въ синей части спектра между F и H. Около 25 значительно замѣтнѣе и больше другихъ: это—изображенія хромосферы и выступовъ. Они принадлежатъ водороду, кальцію, гелію, стронцію и одному или двумъ другимъ элементамъ, которые часто показываются въ хромосферѣ. Остальныя линіи—просто обращенныя фраунгоферовы линіи. Чтобы показать это, Шекльтонъ съ помощью простого механическаго приспособленія превратилъ „спектръ вспышки" въ спектръ съ яркими линіями обыкновенной формы.

Было сдѣлано сравненіе между этимъ послѣднимъ и обыкновеннымъ солнечнымъ спектромъ съ темными линіями. Обыкновенный спектръ былъ снятъ посредствомъ той же камеры и призмъ, но съ прибавленіемъ коллиматора и щели. Получилось полное согласіе, хотя есть двѣ—три довольно замѣтныя фраунгоферовы линіи, которыхъ недостаетъ въ „спектрѣ вспышки". Вѣроятно, нужно объяснить это тѣмъ, что данныя линіи происходятъ не надъ поверхностью фотосферы, а въ ея глубинахъ. Тамъ же, вѣроятно, возникаютъ широкія туманныя тѣни, сопровождающія H и K линіи и нѣкоторыя другія, но это предметъ дальнѣйшаго изслѣдованія *.

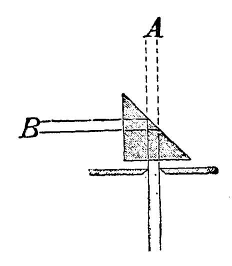
Тѣмъ не менѣе не должно думать, что темныя линіи солнечнаго спектра цѣликомъ или преимущественно обязаны своимъ существованіемъ слою газа, который лежитъ надъ поверхностью фотосферы. Если бы такъ было, темныя линіи были бы гораздо рѣзче въ спектрѣ отъ краевъ диска, чѣмъ въ спектрѣ отъ центра, чего на дѣлѣ не бываетъ; по крайней мѣрѣ, различіе крайне слабое. Фотосфера, какъ мы увидимъ впослѣдствіи, вѣроятно, состоитъ изъ отдѣльныхъ облаковидныхъ массъ; онѣ плаваютъ въ атмосферѣ, содержащей пары, которые сгущаясь и даютъ начало

этимъ облакамъ. Главное поглощеніе поэтому происходитъ, вѣроятно, въ промежуткахъ между облаками и ниже общаго уровня ихъ верхней границы.

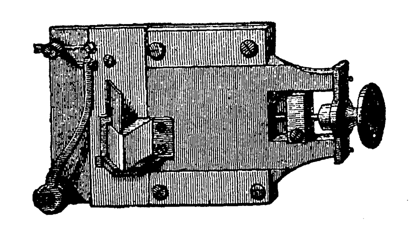
Профессору Хастингсу въ Балтиморѣ, съ помощью остроумнаго расположенія удалось поставить рядомъ и сравнить спектры свѣта отъ центра и краевъ солнечнаго диска; эти прекрасныя наблюденія обнаружили факты крайне изящнымъ образомъ.

Элементы, находящіеся на солнцѣ.

Теоретически, конечно, весьма легко провѣрить присутствіе какого либо элемента на солнцѣ. Необходимо только закрыть щель спектроскопа на половину ея длины зеркаломъ или призмой, которыя направляютъ солнечный свѣтъ въ инструментъ; въ то же самое время прямо предъ другою половиной щели помѣщается пламя или электрическая искра, дающая спектръ изслѣдуемаго элемента. При такомъ расположеніи наблюдатель видитъ въ инструментѣ рядомъ два спектра, каждый въ половину обычной ширины: одинъ — солнечный спектръ, другой — спектръ искомаго элемента. Легко видѣть, отвѣчаютъ ли яркія линіи пара искомаго вещества соотвѣтствующимъ темнымъ линіямъ въ солнечномъ спектрѣ.



33. **Дѣйствіе призмы сравненія.**



34. **Призма сравненія на щели спектроскопа.**

Рисунки 33 и 34 показываютъ употребительное расположеніе призмы сравненія, какъ ее обыкновенно называютъ.

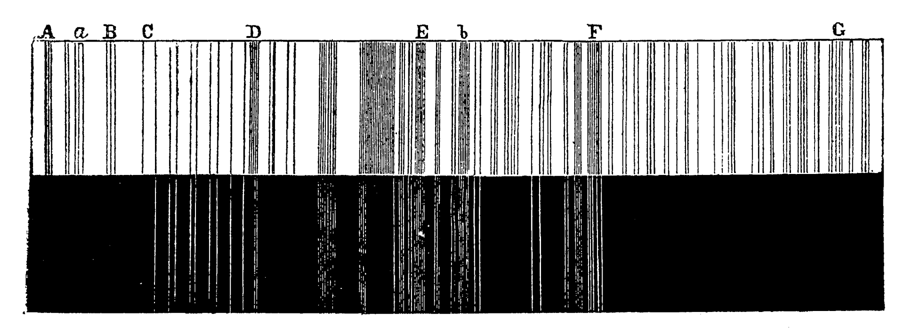
Для изслѣдованія верхней или фіолетовой части спектра съ большою выгодой пользуются фотографіей. Расположеніе точно такое же, какъ только-что показано, съ тою только разницей, что мѣсто человѣческой ретины, занимаетъ чувствительная пластинка, и впечатлѣніе можно постоянно сохранять для изученія на досугѣ. Кромѣ того, извѣстные лучи, невидимые, какъ каждый знаетъ, для человѣческаго глаза, сильно дѣйствуютъ на фотографическую пластинку; слѣдовательно, благодаря этому способу, сравненіе можно распространить и на ультра-фіолетовыя области спектра.

Рисунокъ 36 представляетъ расположеніе приборовъ, употребляемое Локіеромъ въ его извѣстныхъ изслѣдованіяхъ. Онъ взятъ изъ его „Studies in Spectrum Analysis".

Теоретически, говоримъ мы, сравненіе легко; но практическія затрудненія значительны. Прежде всего, нелегко получить спектръ тѣла, которое вы желаете изучить, свободный отъ линій, принадлежащихъ другимъ веществамъ; получить требуе-

мую химическую чистоту весьма и весьма трудно. Во-вторыхъ, темныя линіи солнечнаго спектра настолько многочисленны, что требуется очень высокая свѣторазсѣивающая сила для того, чтобы съ точностью установить совпаденіе. Яркая линія въ спектрѣ электрической искры можетъ находиться очень близко къ темной линіи, съ которой она не имѣетъ никакой связи. Когда же, какъ въ упомянутомъ нами случаѣ, совпаденій не два и не три, а много, а искомыя линіи обладаютъ особеннымъ характеромъ и видомъ, тогда нетрудно достигнуть удовлетворительнаго результата.

Этимъ способомъ (сравнивая спектры на глазъ, а не съ помощью фотографіи) Кирхгофъ въ 1860 году нашелъ, что въ солнечной атмосферѣ имѣются слѣдующіе элементы: натрій, желѣзо, кальцій, магній, никкель, барій, мѣдь и цинкъ; два послѣднихъ элемента въ то время можно было оставить подъ сомнѣніемъ. Съ тѣхъ поръ списокъ этотъ очень увеличился. Вотъ какой видъ представлялъ онъ въ 1891 г., по Роланду, который вновь произвелъ самое тщательное изслѣдованіе по этому



35. **Совпаденіе линій солнечнаго спектра съ линіями желѣза.**

предмету. Роландъ работалъ со спектроскопомъ съ вогнутою рѣшеткой наибольшей силы; свои сравненія между спектромъ солнца и спектрами химическихъ элементовъ онъ дѣлалъ при помощи фотографіи. Впрочемъ, при полученіи спектровъ Роландъ пользовался электрическою дугой, а не искрой; слѣдуетъ надѣяться, что его изслѣдованія будутъ дополнены одинаково тщательнымъ изученіемъ спектровъ электрической искры. Его трудъ даже теперь (въ 1897 г.) все еще не полонъ; приводимый списокъ элементовъ должно разсматривать только, какъ предварительный.

Элементы, существующіе на солнцѣ, расположенные по числу и напряженности ихъ темныхъ линій въ солнечномъ спектрѣ.

Напряженность:	Число:
1. Кальцій.	Желѣзо (2 000 или больше).
2. Желѣзо.	Никкель.
3. Водородъ.	Титанъ.
4. Натрій.	Марганецъ.
5. Никкель.	Хромъ.
6. Магній.	Кобальтъ.

7. Кобальтъ.	Углеродъ (2 000 или больше).
8. Кремній. †	Ванадій.
9. Алюминій. †	Цирконъ.
10. Титанъ.	Церій.
11. Хромъ.	Кальцій (75 или больше).
12. Стронцій.	Неодимій.
13. Марганецъ.	Скандій.
14. Ванадій.	Лантанъ,
15. Барій.	Иттрій.
16. Углеродъ. †?	Ніобій.
17. Скандій. †	Молибденъ.
18. Иттрій.	Палладій.
19. Цирконъ. †	Магній (20 или больше).
20. Молибденъ. †	Натрій (11)
21. Лантанъ.	Кремній.
22. Ніобій. †	Водородъ.
23. Палладій. †	Стронцій.
24. Неодимій. †?	Барій.
25. Мѣдь. †	Алюминій (4).
26. Цинкъ.	Кадмій.
27. Кадмій.	Родій.
28. Церій.	Эрбій.
29. Глюцинъ. †	Цинкъ.
30. Германій. †	Мѣдь (2).
31. Родій. †	Серебро.
32. Серебро.	Глюцинъ.
33. Олово.	Германій.
34. Свинецъ.	Олово.
35. Эрбій. †	Свинецъ (1).
36. Калій. †	Калій.

Сомнительные элементы.

Иридій.	Осмій.	Платина.	Рутеній.
Танталъ.	Торій.	Вольфрамъ.	Уранъ.

Элементы, не появляющіеся въ солнечномъ спектрѣ

Сурьма.	Мышьякъ.	Висмутъ.	Боръ.
Цезій.	Золото.	Индій.	Литій.
Фосфоръ.	Рубидій.	Селенъ.	Ртуть.
Таллій.	Презеодимій.	Азотъ.	Сѣра.

Вещества, еще не провѣренныя (Роландомъ).

Бромъ.	Хлоръ.	Фторъ.	Іодъ.
Кислородъ.	Галлій.	Хольмій.	Теллуръ.
Тербій.	Тулій, и пр.		

Нѣкоторые изъ элементовъ обозначены какъ „не появляющіеся въ солнечномъ спектрѣ". По замѣчанію профессора Роланда, это сдѣлано только потому, что ихъ спектры отъ электрической дуги показываютъ въ предѣлахъ солнечнаго спектра очень мало рѣзкихъ линій или же не показываютъ совсѣмъ никакихъ линій (но эти спектры могутъ отличаться отъ спектровъ, получаемыхъ при помощи электрической искры).

Роландъ прибавляетъ (и нельзя не настаивать на этомъ), что, если не удалось открыть ихъ на солнцѣ, это—еще „весьма слабое доказательство ихъ полнаго отсутствія". Если бы вся земля „была нагрѣта до температуры солнца, ея спектръ, вѣроятно, весьма близко подходилъ бы къ спектру солнца". Кромѣ тѣхъ веществъ, которыя обнаруживаютъ свое присутствіе на солнцѣ темными линіями въ его спектрѣ, есть, по крайней мѣрѣ, два других, гелій и короній, какъ ихъ предварительно назвали; объ ихъ присутствіи мы знаемъ только по яркимъ линіямъ въ спектрѣ хромосферы и короны, съ которыми будемъ имѣть дѣло позже. Въ 1895 году Ремсей, въ связи со своими изслѣдованіями надъ аргономъ, новымъ составнымъ элементомъ нашей атмосферы, установилъ, наконецъ, тожество гелія. Онъ нашелъ линіи гелія въ газѣ, освобождаемомъ изъ уранинита и другихъ минераловъ; гелій соединенъ въ нихъ съ такъ называемыми „рѣдкими землями".

Гелій: исторія открытія; свойства [1]).

* Знаменитая линія D_3 впервые замѣчена въ 1868 году, когда въ первый разъ примѣнили спектроскопъ къ изученію солнечнаго затменія. Большинство наблюдателей предположили, что эта линія есть D линія натрія; но Жансенъ замѣтилъ, что совпаденія нѣтъ. Когда Локіеръ и Франклэндъ взялись за изученіе хромосфернаго спектра, они нашли, что эта линія не принадлежитъ ни водороду, ни какому-нибудь другому изъ земныхъ элементовъ, извѣстныхъ наблюдателямъ. Франклэндъ предложилъ назвать неизвѣстное вещество „геліемъ„ (отъ греческаго ἥλιος, солнце). Въ концѣ концовъ, хотя довольно медленно, это названіе было усвоено всѣми.

Въ теченіе года Рэйе и Респиги открыли въ спектрѣ хромосферы еще двѣ линіи: λ 7065 и λ 4472. Подобно линіи D_3, обѣ онѣ постоянно замѣтны въ спектрѣ выступовъ; но въ обыкновенномъ солнечномъ спектрѣ не извѣстно соотвѣтственныхъ имъ темныхъ линій. Сначала предположили,—правда, безъ доказательствъ,— что онѣ также принадлежатъ гелію. Съ того времени найдено восемь или десять линій, подобныхъ тремъ первымъ: онѣ часто, но не постоянно встрѣчаются въ спектрѣ хромосферы и также не имѣютъ соотвѣтственныхъ темныхъ линій. Позднѣе D_3 и однородныя съ нею линіи были открыты въ звѣздныхъ спектрахъ: темныя въ спектрахъ „звѣздъ Оріона", яркія въ спектрахъ нѣкоторыхъ перемѣнныхъ звѣздъ и такъ называемыхъ звѣздъ Вольфа-Рэйе, яркія и темныя вмѣстѣ въ β Лиры и въ „новой звѣздѣ" Возничаго, которая появилась въ 1892 году.

[1]) Когда просматривалось и печаталось послѣднее американское изданіе книги Юнга, въ научной литературѣ постоянно появлялись новыя сообщенія относительно гелія, Авторъ не успѣлъ ввести ихъ въ текстъ книги. Поэтому онъ приложилъ къ книгѣ дополненіе, гдѣ изложены главныя данныя относительно гелія. Въ русскомъ изданіи это дополненіе вводится въ текстъ книги. Начало и конецъ его отмѣчены звѣздочками.

Естественно, начались самые упорные поиски за этимъ гипотетическимъ элементомъ; но до самаго послѣдняго времени они оставались совершенно безуспѣшными. Должно, впрочемъ, упомянуть, что въ 1881 году Пальміери, директоръ сейсмической обсерваторіи на Везувіи, объявилъ, что D3 найдена имъ въ спектрѣ одного изъ минераловъ лавы. Но онъ не могъ привести никакого доказательства; его открытіе осталось не подтвержденнымъ. Судя по тому, что извѣстно теперь объ условіяхъ, необходимыхъ для полученія спектра гелія, имѣются всѣ основанія полагать, что Пальміери ошибся.

Дѣло оставалось загадкой до апрѣля 1895 года. Въ этомъ мѣсяцѣ Ремсей, работавшій при открытіи аргона вмѣстѣ съ лордомъ Релей, изслѣдовалъ газъ, освобождавшійся при нагрѣваніи норвежскаго клевеита. Въ его спектрѣ оказалась D3-линія, ясная и несомнѣнная. Образчики минерала были получены отъ американскаго химика Гиллебранда. Тотъ уже изучалъ минералъ и установилъ, что изъ него можно добыть газъ. Гиллебрандъ отожествилъ этотъ газъ съ азотомъ. Часть газа, дѣйствительно, представляла азотъ. Но Ремсей подозрѣвалъ присутствіе аргона. Его предположеніе оправдалось; но, кромѣ того, оказался гелій, котораго онъ не ожидалъ.

Клевеитъ это—видъ уранинита или смоляной обманки. Скоро обнаружилось, что гелій можно получать почти изъ всѣхъ урановыхъ минераловъ и многихъ другихъ: изъ многихъ—смѣшанный съ аргономъ, изъ другихъ—почти чистый. Выяснилось, что онъ весьма широко распространенъ въ природѣ, но встрѣчается въ крайне малыхъ количествахъ, обыкновенно въ соединеніяхъ и рѣдко свободный,—если только это бываетъ. Гелій найденъ въ метеорномъ желѣзѣ, въ водѣ нѣкоторыхъ минеральныхъ ключей въ Блэкъ Форестѣ и Пиренеяхъ, а Кайзеру удалось даже обнаружить его слѣды въ атмосферѣ города Бонна.

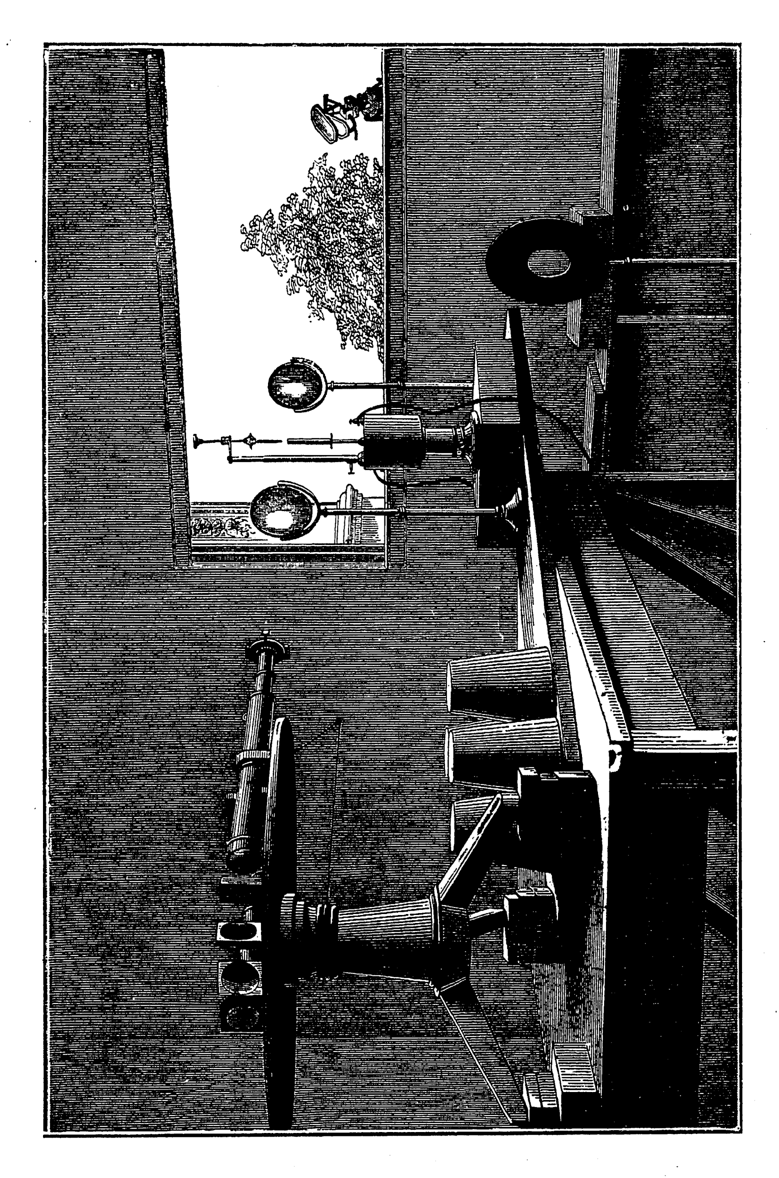
Чтобы получить гелій, вещество, которое его содержитъ, нагрѣваютъ въ закрытомъ сосудѣ. Послѣдній соединенъ съ воздушнымъ насосомъ, при помощи котораго отводятся и собираются освободившіеся газы. Потомъ изъ этихъ газовъ съ возможною тщательностью удаляютъ всѣ посторонніе элементы: азотъ и другіе. Достаточно 5—10 % другого газа, чтобы скрыть присутствіе новыхъ элементовъ при спектроскопическомъ изслѣдованіи. Они настолько застѣнчивы и скромны, что не навязываются сами. Во многихъ случаяхъ, какъ было сказано, аргонъ и гелій удаляются вмѣстѣ. Нѣкоторыя линіи въ ихъ спектрѣ почти совпадаютъ, такъ что нѣкоторое время предполагали между ними какую-то тѣсную связь. Послѣднія наблюденія показали однако, что это невѣрно. Какъ говоритъ Локіеръ: „аргонъ принадлежитъ землѣ, земной, но гелій, очевидно, небесный“.

Спектръ гелія былъ тщательно изученъ Круксомъ, Локіеромъ и Рунге. Характеристики, сдѣланныя ими, сходятся въ главномъ.

Наиболѣе полнымъ и авторитетнымъ представляется трудъ Рунге. Онъ находитъ, что линіи гелія расположены замѣчательно правильно. Онѣ распадаются на двѣ явственныя группы. Каждая группа состоитъ изъ главнаго ряда и двухъ подчиненныхъ. Линіи каждаго ряда очень точно соотвѣтствуютъ формулѣ, совершенно одинаковой съ формулой Бальмера для спектра водорода.

Въ цѣломъ спектрѣ Рунге находитъ (главнымъ образомъ, съ помощью фотографіи) 67 линій: только 20 лежатъ въ видимой части спектра. Изъ 67 линій

29 принадлежатъ первой „группѣ“, 38—второй. Изъ 20 „визуальныхъ“ линій 13 наблюдались въ спектрѣ хромосферы; всѣ недостающія линіи относятся ко второму подчиненному ряду первой „группы“; въ искусственномъ спектрѣ газа онѣ



36. **Расположеніе приборовъ для фотографированья спектра: геліостатъ, лампа и линзы.**

настолько слабы, что нѣтъ нужды объяснять, почему не удается найти ихъ въ хромосферѣ.

Такимъ образомъ, линіи гелія распадаются на двѣ „группы“, математически независимыя. Этотъ фактъ привелъ Рунге къ убѣжденію, что гелій, полученный

изъ минераловъ, представляетъ смѣсь двухъ различныхъ газовъ. Рунге удалось отчасти раздѣлить оба газа съ помощью процесса диффузіи. Истинный гелій, тотъ самый, что даетъ D_3 и другія линіи, которыя постоянно находятся въ спектрѣ хромосферы, это, по мнѣнію Рунге,—болѣе плотный изъ двухъ газовъ. Спектръ другого газа содержитъ большую часть линій, которыя лишь случайно появляются въ выступахъ. Съ этимъ взглядомъ вполнѣ согласенъ Локіеръ. Болѣе легкій газъ до сихъ поръ не получилъ никакого названія. Локіеръ называетъ его просто X.

Линіи ряда, къ которому принадлежитъ D_3, всѣ двойныя: въ каждой изъ нихъ рядомъ съ главной линіей со стороны красной части спектра имѣется спутникъ. Когда Рунге въ іюнѣ мѣсяцѣ объявилъ объ этомъ открытіи, оно произвело среди спектроскопистовъ почти полное смущеніе. Въ то время все еще существовало сомнѣніе: справедливо-ли отожествленіе Ремсея; кромѣ того, при солнечной линіи D_3 никогда не удавалось замѣтить подобнаго спутника. Но очень скоро Хэль, Геггинсъ, Ридъ и другіе наблюдатели, обладавшіе достаточно сильными инструментами, открыли въ спектрѣ выступовъ малаго спутника D_3. Тогда временныя сомнѣнія смѣнились безусловнымъ довѣріемъ.

Что касается физическихъ и химическихъ свойствъ новаго газа, наши знанія все еще крайне ограничены. Наши выводы страдаютъ отъ неизвѣстности: съ чѣмъ приходится имѣть дѣло, съ однимъ элементомъ, или со смѣсью,—произвелъ-ли Ремсей на свѣтъ одного ребенка или пару близнецовъ.

Если по-возможности очистить газъ, полученный изъ клевеита, онъ представляетъ плотность чуть-чуть больше двойной плотности водорода. Слѣдовательно, онъ гораздо легче всякаго другого газа, кромѣ водорода. Если же онъ представляетъ смѣсь, болѣе легкій газъ долженъ имѣть плотность меньше 2; онъ можетъ оказаться даже легче водорода. Между тѣмъ плотность истиннаго гелія можетъ заключаться между 2 и 4, въ зависимости отъ пропорціи смѣси и плотности болѣе легкаго газа. Было-бы прекрасно, замѣтимъ мимоходомъ, если-бы можно было установить тожество болѣе легкаго составляющаго съ „короніемъ“. Но это, кажется, невозможно, потому что характерная 1474—линія (λ 5316) совсѣмъ не появляется въ спектрѣ земного „гелія“, изъ какого-бы источника его ни добывали.

Акустическіе опыты Ремсея имѣютъ цѣлью показать, что гелій, подобно аргону, одноатоменъ. Но они едва-ли могутъ считаться убѣдительными. Если онъ правъ, атомный вѣсъ гелія долженъ быть недалекъ отъ 4. Но всѣ попытки ввести гелій въ химическое соединеніе до сихъ поръ не удавались, хотя кажется довольно вѣроятнымъ, что въ уранинитовыхъ минералахъ гелій удерживается болѣе сильною связью, чѣмъ простая окклюзія.

Ольшевскій сдѣлалъ все, что могъ, чтобы обратить этотъ газъ въ жидкость, но до настоящаго времени безуспѣшно. Методы, которые побѣждали всякій другой газъ, не исключая водорода, оказались несостоятельными относительно гелія. Это обстоятельство заслуживаетъ полнаго вниманія: чѣмъ плотнѣе газъ, тѣмъ легче обратить его въ жидкость; вотъ почему водородъ занималъ среди газовъ первое мѣсто по своему упорному сопротивленію [1]).

[1]) Въ настоящемъ 1898 году гелій обращенъ въ жидкость Дьюаромъ. Для этого пришлось погрузить сосудъ съ геліемъ въ жидкій водородъ, гдѣ при обыкновенномъ давленіи получается температура—245° Цельсія. *Прим. ред.*

Вѣроятно, каждому читателю приходитъ въ голову вопросъ: почему гелій, настолько замѣтный въ атмосферѣ солнца и многихъ звѣздъ, почти отсутствуетъ въ земной атмосферѣ? почему его такъ мало на землѣ? Отвѣтъ, какъ кажется, зависитъ отъ двухъ фактовъ: химической инертности этого вещества и его малой плотности.

Джонстонъ Стони сдѣлалъ слѣдующій выводъ изъ принятой теоріи газовъ: если масса небеснаго тѣла мала, а температура такова, что допускаетъ обитаемость, на такомъ тѣлѣ ни одинъ свободный газъ не можетъ оставаться постоянно: его молекулы улетятъ прочь въ пространство. Частица, покидающая землю со скоростью около 11 километровъ въ секунду, никогда не вернется на землю. По динамической теоріи молекулы земной атмосферы при обыкновенныхъ температурахъ движутся со скоростью приблизительно отъ 1500 до 10000 футовъ въ секунду. Болѣе тяжелыя молекулы, какъ молекулы кислорода и азота, движутся сравнительно медленно. Представимъ теперь, что въ атмосферѣ имѣется свободный водородъ или гелій. Скорость его молекулъ въ нѣсколько разъ больше. Если какая-нибудь молекула окажется близко къ верхнимъ границамъ атмосферы, вѣроятно, она будетъ отброшена въ пространство. Въ атмосферѣ луны даже кислородъ и азотъ удалились-бы въ пространство: луна такъ мала, что скорость, немного превосходящая 1,6 километра въ секунду, должна увлечь эти газы прочь. Если это вѣрно, легко видѣть, почему въ земной атмосферѣ нѣтъ замѣтнаго количества свободнаго водорода или другого легкаго газа.

Зато въ соединеніи водородъ на землѣ крайне обиленъ: онъ составляетъ $^1/_8$ по вѣсу всей воды въ океанѣ; онъ свободно соединяется не только съ кислородомъ, но и со многими другими элементами; поэтому онъ непрерывно освобождается во всѣхъ родахъ химическихъ разложеній. Съ другой стороны, гелій выступаетъ въ самомъ ограниченномъ количествѣ. Вотъ почему онъ рѣдокъ, вотъ почему такъ трудно обнаружить его, даже если онъ присутствуетъ *.

Что-же касается коронія, онъ все еще остается неопредѣленнымъ.

Всѣ элементы, приведенные въ таблицѣ, исключая отмѣченныхъ †, представляютъ по временамъ яркія линіи въ спектрѣ хромосферы, о которой будемъ говорить въ другой главѣ. Стронцій и церій были наблюдаемы въ этомъ видѣ авторомъ еще до того, какъ было удовлетворительно выяснено совпаденіе ихъ линій съ темными линіями въ обыкновенномъ солнечномъ спектрѣ.

Что касается углерода, присутствіе въ солнечномъ спектрѣ характерныхъ группъ линій, отмѣчающихъ видимую часть его спектра, остается подъ сомнѣніемъ. Но въ ультра-фіолетовой части спектра фотографіи Локіера обнаружили другія группы, принадлежащія этому элементу; съ тѣхъ поръ присутствіе углерода неоднократно подтверждалось Роландомъ и другими.

Самымъ тщательнымъ наблюденіемъ не удалось найти ни въ обыкновенномъ спектрѣ, ни въ спектрѣ хромосферы ни малѣйшаго слѣда брома, іода, хлора, азота, мышьяка, бора и фосфора; на сѣру есть только сомнительныя указанія въ спектрѣ хромосферы; что же касается кислорода, въ общемъ, свидѣтельства говорятъ противъ его присутствія, хотя это случай особенный.

Когда мы подумаемъ, что не найденные на солнцѣ элементы составляютъ большую часть земной коры, намъ сразу навязывается вопросъ, что значитъ ихъ кажущееся отсутствіе. Дѣйствительно ли они не существуютъ на солнцѣ, или просто

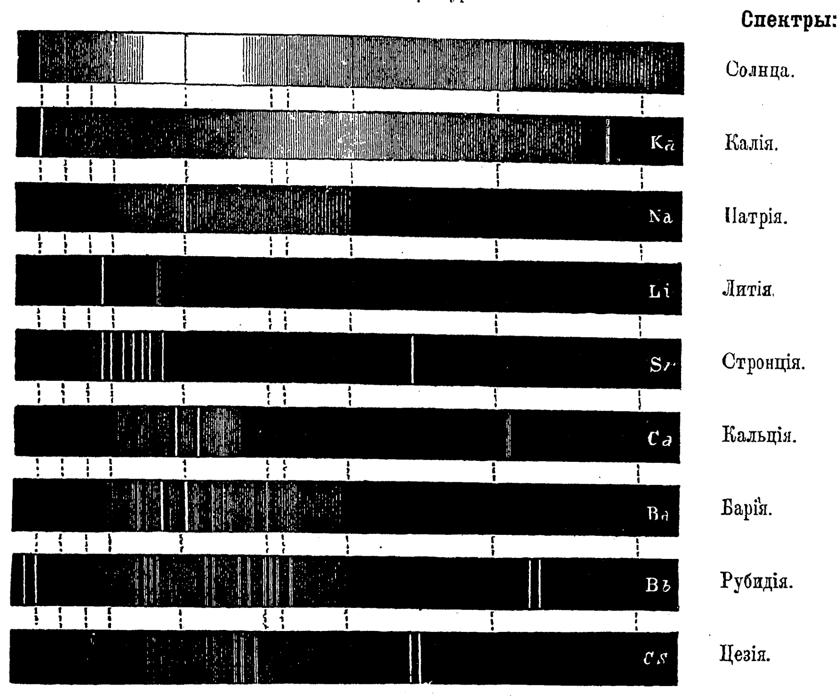
намъ не удается обнаружить ихъ? И если такъ, то почему? Отвѣтъ на вопросъ не изъ легкихъ; астрономы несогласны между собою въ этомъ вопросѣ, хотя большинство, мы думаемъ, предпочло бы послѣднюю альтернативу. Когда газы и пары смѣшаны при высокой температурѣ, даже при условіяхъ нашихъ земныхъ лабораторій случается, что лишь нѣкоторыя изъ присутствующихъ тѣлъ являются въ спектрѣ смѣси; другія-же не даютъ никакого указанія на свое присутствіе. Далѣе, нынѣ достовѣрно извѣстно, что одно и то же вещество при различныхъ условіяхъ можетъ дать два или большее число значительно различныхъ спектровъ. Легко поэтому допустить, что въ электрической дугѣ мы не въ состояніи воспроизвести тотъ спектръ, который характеризуетъ данное вещество на солнцѣ. Такимъ образомъ, тожество его остается недоказаннымъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ возможно, что истинный блескъ линій у даннаго элемента мѣшаетъ появленію ихъ въ видѣ темныхъ линій. Возможно, напримѣръ, сдѣлать яркія линіи натрія столь напряженными, что свѣтъ отъ раскаленнаго цилиндра извести не въ состояніи „обратить“ ихъ; разумѣется, уменьшая ихъ напряженность, мы можемъ достигнуть полнаго ихъ исчезновенія, потому что онѣ не будутъ ни ярче, ни темнѣе непрерывнаго спектра, на которомъ проэктируются. Это, можетъ быть, и случилось съ геліемъ, который даетъ въ спектрѣ хромосферы напряженно блестящую желтую линію, извѣстную какъ линія D_3, потому что она находится очень близко къ натріевымъ линіямъ D_1 и D_2. По временамъ, особенно въ сосѣдствѣ съ солнечными пятнами, ея мѣсто отмѣчаетъ очень слабая темная линія; но обыкновенно спектръ фотосферы не можетъ дать даже самаго слабаго указанія на ея присутствіе. Однако въ спектрѣ хромосферы существуетъ 15 или 20 другихъ яркихъ (но слабѣе D_3) линій, у которыхъ совсѣмъ нѣтъ соотвѣтствующихъ темныхъ линій. Большая часть изъ нихъ, какъ нынѣ извѣстно, обязаны своимъ существованіемъ также гелію, и это обстоятельство дѣлаетъ болѣе правдоподобнымъ, что отсутствіе темныхъ линій имѣетъ причиной либо тонкость слоя гелія, либо напряженность его температуры.

У азота и водорода—у каждаго по два спектра: одинъ состоитъ по большей части изъ темныхъ полосъ, другой—изъ рѣзкихъ, хорошо опредѣленныхъ линій. У кислорода, по тщательнымъ изслѣдованіямъ Шустера, четыре спектра; углеродъ, согласно съ его изслѣдователями, обладаетъ также четырьмя.

Возможны различныя объясненія этихъ фактовъ. По одному объясненію, предполагается, что свѣтящееся тѣло, нисколько не измѣнившись въ составѣ, при различныхъ обстоятельствахъ подвергается неодинаковымъ колебательнымъ движеніямъ и испускаетъ различные лучи; такъ металлическая пластинка издаетъ различныя ноты, смотря по тому, какъ ее держать и ударять. Во второмъ объясненіи допускается, что при различныхъ обстоятельствахъ, которыя производятъ перемѣны въ спектрѣ даннаго вещества, оно измѣняетъ молекулярное строеніе, не теряя своего химическаго тожества (принимаетъ аллотропическія формы). Какой-бы изъ этихъ взглядовъ ни приняли мы, мы можемъ по присутствію извѣстныхъ линій въ солнечномъ спектрѣ заключать о присутствіи элемента въ солнечной атмосферѣ; но не можемъ законнымъ образомъ дѣлать отрицательныхъ заключеній: вещество можетъ присутствовать на солнцѣ, но въ такомъ состояніи, что спектръ его будетъ отличаться отъ всѣхъ знакомыхъ намъ спектровъ.

Гипотеза Локіера.

Есть еще одно объясненіе: можно вмѣстѣ съ Локіеромъ предположить, что измѣненія въ спектрѣ тѣла указываютъ на его разложеніе. При этомъ спектръ первоначальнаго вещества замѣщается наложеннымъ спектромъ вновь происходящихъ тѣлъ; слѣдовательно, отсутствіе нѣкоторыхъ веществъ—дѣйствительное явленіе: его причина—въ томъ, что солнечная атмосфера слишкомъ горяча; поэтому нѣкоторые элементы не могутъ существовать въ ней: они распадаются или переходятъ въ состояніе „диссоціаціи" при низшей температурѣ.



37. **Спектры различныхъ металловъ.**

Было бы ошибочно ограничиться однимъ только бѣглымъ упоминаніемъ объ этой гипотезѣ: въ теченіе послѣднихъ 15 лѣтъ она почти постоянно была предметомъ живого обсужденія. Справедлива она, или нѣтъ, несомнѣнно всетаки, что въ ней нѣтъ ничего нелѣпаго или неправдоподобнаго. Существуетъ собственно одно только вещество; наши химическіе элементы отличаются одинъ отъ другого лишь потому, что их молекулы неодинаково построены изъ простыхъ атомовъ этого „пантогена"; это—мысль старая, ею всегда увлекались спекулятивные умы. Благодаря ей, многіе факты и отношенія новой химіи, которыя иначе привели бы насъ въ смущеніе, стали понятными. Въ то же время она еще не доказана; всѣ попытки разложить элементы на простѣйшія тѣла до сихъ поръ оставались безуспѣшными. Затѣмъ повидимому невозможно примирить эту гипотезу съ законами, связывающими удѣльную теплоту тѣлъ съ ихъ химическимъ составомъ и атомнымъ вѣсомъ.

Можно прибавить далѣе, что нѣкоторые изъ фактовъ, которыми Локіеръ разсчитывалъ сначала поддержать свою теорію, оказались невѣрными: причина въ томъ, что при опытахъ были допущены ошибки, и примѣнявшіеся спектроскопы не обладали достаточной силой.

Большую важность приписывали такъ называемымъ „основнымъ“ линіямъ, которыя кажутся общими у спектровъ различныхъ веществъ. Если кто-нибудь бѣгло просмотритъ карту солнечнаго спектра, составленную Онгстремомъ, окажется, что около 25 линій помѣчены, какъ принадлежащія и желѣзу, и кальцію. То же еще въ большей степени справедливо для желѣза и титана и для значительнаго числа другихъ веществъ, составляющихъ пары. Этотъ фактъ можно объяснить различнымъ образомъ. Общія линіи могутъ происходить, во-первыхъ, отъ нечистоты веществъ, съ которыми мы работаемъ; во-вторыхъ, оттого, что въ составъ данныхъ веществъ входитъ нѣкоторое общее тѣло (это взглядъ Локіера); въ-третьихъ, отъ нѣкотораго подобія молекулярной массы или строенія, которымъ опредѣляется тожественный періодъ колебанія для двухъ веществъ; наконецъ, можетъ статься, что предполагаемое совпаденіе линій только кажущееся и приблизительное, а не реальное и точное;—въ этомъ случаѣ спектроскопъ съ достаточною дисперсіей показалъ-бы, что совпаденія собственно и нѣтъ.

Теперь Локіеръ рядомъ самыхъ утомительныхъ изслѣдованій доказалъ, что многія совпаденія, показанныя на картѣ, происходятъ отъ нечистоты. Онъ могъ указать, какія изъ линій, изображенныхъ общими, напримѣръ, для кальція и желѣза, принадлежатъ каждому изъ этихъ металловъ въ отдѣльности. По мѣрѣ того, какъ употребляемое желѣзо дѣлается постепенно чище и чище, нѣкоторыя изъ общихъ линій становятся слабѣе; очевидно, что эти линіи принадлежатъ кальцію, а не желѣзу. Подобнымъ образомъ, когда употребляется кальцій, мы можемъ указать линіи, происходящія отъ примѣси желѣза. Но, когда все сдѣлано, мы находимъ, что извѣстныя общія линіи упорно остаются, дѣлаясь болѣе и болѣе замѣтными при каждой новой предосторожности, принятой нами, чтобы обезпечить чистоту вещества.

Мало того: когда начнемъ постепенно повышать температуру одного изъ веществъ, скажемъ кальція, его спектръ непрерывно видоизмѣняется; Локіеръ утверждаетъ, что тогда однѣ и только однѣ основныя линіи дѣлаются все болѣе замѣтными, между тѣмъ какъ другія линіи пропадаютъ. Это какъ разъ то, что должно случаться, если основныя линіи обязаны своимъ существованіемъ нѣкоторому элементу, существующему въ обоихъ веществахъ, въ желѣзѣ и въ кальціѣ, и если этотъ элементъ, освобождается въ возростающемъ изобиліи при постепенномъ возвышеніи температуры.

Но, къ несчастію для теоріи, примѣненіе современныхъ могущественныхъ спектроскоповъ показываетъ, что почти въ каждомъ случаѣ эти „основныя“ линіи представляютъ только примѣры близкаго совпаденія. Авторъ въ 1880 году тщательно изслѣдовалъ 70 линій, данныхъ на картѣ Онгстрема, какъ общія двумъ или болѣе элементамъ, и могъ разрѣшить 56 изъ нихъ на двойныя или тройныя. Позднѣйшіе наблюдатели разрѣшили остальныя или показали, что онѣ происходятъ отъ нечистоты вещества. Профессоръ Роландъ замѣчаетъ, что съ большою дисперсіей, употребленною имъ, локіеровы „основныя линіи“ разлагаются и перестаютъ существовать.

Существуетъ-ли на солнцѣ кислородъ.

Какъ уже было замѣчено, случай кислорода особенный. Большія A и B полосы солнечнаго спектра, безспорно, принадлежатъ этому газу, какъ впервые доказалъ это Егоровъ въ 1883 году. Съ того времени опыты и наблюденія Жансена и другихъ выяснили, что эти полосы производятся кислородомъ земной атмосферы, а вовсе не кислородомъ солнца. Онѣ принадлежатъ спектру газа низкой температуры, а не спектру, произведенному электрической дугой или искрой.



38. **Локіеръ.**

Но въ 1877 году покойный Генри Дрэперъ въ Нью-Іоркѣ заявилъ, что онъ открылъ присутствіе кислорода на солнцѣ и опубликовалъ фотографическіе снимки, которые показывали весьма правдоподобнымъ образомъ совпаденіе между яркими линіями этого элемента и нѣкоторыми яркими промежутками или полосами въ солнечномъ спектрѣ. Его методъ состоялъ въ слѣдующемъ: спектръ кислорода получался посредствомъ электрической искры отъ сильной индукціонной катушки, заряженной динамо-

электрической машиной, которую приводила въ дѣйствіе паровая машина. Эти искры проскакивали между желѣзными оконечностями въ небольшомъ помѣщеніи, сдѣланномъ изъ мыльнаго камня, чрезъ которое подъ давленіемъ приблизительно одной атмосферы пропускали токъ чистаго кислорода. Впрочемъ, иногда вмѣсто кислорода примѣнялся воздухъ; онъ давалъ тѣ же результаты, исключая того, что тогда къ спектру кислорода прибавлялся спектръ азота. Спектръ этой искры фотографировали одновременно со спектромъ солнца. Солнечный свѣтъ пропускался чрезъ половину щели съ помощью небольшого рефлектора. Такимъ образомъ, удавалось сравнить спектръ солнца со спектромъ газа, причемъ устранялось вліяніе личнаго уравненія. Линіи желѣза, происходящія отъ оконечностей, служили хорошимъ пособіемъ для провѣрки установки. Линіи кислорода, полученныя этимъ способомъ при атмосферномъ давленіи, не были такъ отчетливы, какъ линіи, видимыя въ спектрѣ Гейслеровой трубки, но были довольно широки и туманны.

Въ голубой части солнечнаго спектра, единственно доступной для фотографіи, фраунгоферовы линіи вообще очень многочисленны, тѣсны и черны; но въ иныхъ мѣстахъ получаются промежутки, свободные или сравнительно свободные отъ линій. Въ спектроскопѣ съ низкою дисперсіей такой промежутокъ кажется яркою полосой. Почти всѣ яркія линіи кислорода, которыя проявляются на снимкахъ, падаютъ какъ разъ противъ одного изъ этихъ болѣе яркихъ промежутковъ. Трудно допустить, чтобы столь многочисленныя совпаденія были простой случайностью.

Дрэперъ повторилъ потомъ трудные и дорого стоющіе опыты въ еще болѣе выработанной формѣ и получилъ подтверждающіе результаты. Крайне трудно однако объяснить, какъ можетъ кислородъ солнечной атмосферы произвести такое дѣйствіе въ обыкновенномъ солнечномъ спектрѣ, оставаясь между тѣмъ невидимымъ въ спектрѣ хромосферы. Самое тщательное изслѣдованіе не обнаруживаетъ въ немъ ни одной изъ *этихъ* яркихъ линій кислорода. Мы говоримъ: „изъ *этихъ* линій“: въ самомъ дѣлѣ, Шустеръ съ большою вѣроятностью показалъ, что соотвѣтственно другому спектру кислорода, который состоитъ изъ четырехъ только яркихъ линій, всѣ эти четыре линіи представлены темными линіями въ спектрѣ фотосферы, и двѣ изъ четырехъ—въ спектрѣ хромосферы.

При большой свѣторазсѣивающей силѣ „яркія полосы“ солнечнаго спектра теряютъ цѣликомъ свою явственность и даже оказываются замѣщенными многочисленными нѣжными темными линіями. Джонъ Дрэперъ выразилъ догадку, что эти темныя линіи могутъ быть истинными представителями кислорода.

Позднѣе въ физической лабораторіи Гарвардскаго университета и въ другихъ мѣстахъ были произведены фотографическія сравненія между спектрами солнца и кислорода. Была примѣнена высокая дисперсія. Оказалось, что въ области, снятой данными фотографическими пластинками (отъ λ 3750 до λ 5034), не существуетъ никакихъ совпаденій солнечныхъ линій съ яркими линіями въ *линейномъ спектрѣ* кислорода. Вѣроятно, большинство спектроскопистовъ полагаютъ, что этимъ результатомъ доказано отсутствіе кислорода въ солнечномъ спектрѣ. Въ то же время, по мѣткому замѣчанію проф. Пикеринга, едва ли кто питалъ надежду признать лицо друга *подъ микроскопомъ*. Это изслѣдованіе едва ли можно разсматривать, какъ законченное.

Спектры нѣкоторыхъ элементовъ *).

* Обыкновенно спектръ свѣтящагося газа состоитъ изъ большого числа линій, которыя насчитываются иногда тысячами: примѣръ—паръ желѣза.

Въ спектрахъ многихъ элементовъ трудно подмѣтить правильность въ расположеніи и разстояніяхъ линій. Зато во многихъ другихъ спектрахъ, какъ показали Бальмеръ, Кайзеръ, Рунге и другіе наблюдатели, линіи съ большей или меньшей полнотою распадаются на „ряды", въ которыхъ онѣ расположены совершенно правильно, согласно съ весьма простыми математическими формулами.

Линіи водорода, напримѣръ, образуютъ одинъ рядъ. Мы знаемъ C — линію въ красной части спектра и F въ голубой; за ней слѣдуетъ около 20 линій, уже наблюдавшихся въ лабораторіи, въ спектрахъ солнца и разныхъ звѣздъ. Послѣднія сдвигаются все тѣснѣе и тѣснѣе—по мѣрѣ того, какъ вступаютъ въ ультра-фіолетовую часть спектра. Длина ихъ волнъ опредѣляется одною простою формулой:

$$\lambda = 3646{,}1 \left(\frac{n^2}{n^2 - 16}\right),$$

гдѣ λ — длина волны для данной линіи по шкалѣ Роланда, а n — всегда одно изъ четныхъ чиселъ: 6, 8, 10, 12 и проч., начиная съ 6, потому что 4 или какое-нибудь другое меньшее число дали бы невозможный результатъ.

Обыкновенно мы находимъ въ спектрѣ водорода только линіи, соотвѣтствующія четнымъ значеніямъ n. Поэтому весьма любопытно открытіе Пикеринга. Въ спектрахъ извѣстныхъ звѣздъ ему удалось найти рядъ промежуточныхъ линій: онѣ падаютъ между обыкновенными линіями водороднаго ряда и въ точности соотвѣтствуютъ той же самой формулѣ съ нечетными значеніями n (5, 7, 9, 11 и т. д.), вмѣсто четныхъ. Самый замѣчательный примѣръ представляетъ въ этомъ отношеніи звѣзда ζ Кормы.

Чаще спектръ вещества содержитъ болѣе одного ряда. Такъ, спектръ гелія состоитъ изъ шести рядовъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ ряды идутъ въ противоположномъ направленіи: иногда линіи скучиваются по мѣрѣ приближенія ко красному концу спектра. Примѣръ представляютъ полосы углеводороднаго спектра, характеризующія спектръ кометы.

Очень часто,—можетъ быть, постоянно—спектръ элемента содержитъ, кромѣ линій, располагающихся въ ряды, нѣкоторое число другихъ линій, которыя повидимому не слѣдуютъ никакому закону. Довольно часто эти „нелюдимыя" линіи помѣщены между самыми важными и замѣтными изъ всѣхъ линій, напримѣръ, H и K кальція.

Объясненіе этихъ особенностей спектральнаго строенія до сихъ поръ еще неизвѣстно. Оно должно быть связано со строеніемъ самой молекулы *.

Спектръ и физическое состояніе элементовъ.

Линіи солнечнаго спектра открываютъ намъ присутствіе или отсутствіе тѣлъ въ солнечной атмосферѣ; мало того: въ извѣстной степени онѣ способны дать указанія относительно ихъ физическаго состоянія. Въ спектрѣ даннаго тѣла, скажемъ,

*) Дополненіе къ русскому изданію. Помѣщено авторомъ въ «Popular Astronomy». 1897/8. Vol. V, № 6.

водорода, относительная сила и яркость линій значительно измѣняются, въ зависимости отъ обстоятельствъ его полученія. Если, напримѣръ, газъ сильно разрѣженъ, и электрическая искра, которая освѣщаетъ его, не слишкомъ сильна, линіи будутъ тонки и рѣзки. При болѣе высокомъ давленіи и болѣе сильныхъ разрядахъ нѣкоторыя изъ нихъ становятся широкими и неясными; появляются новыя линіи, бывшія раньше невидимыми. Также и съ другими веществами. Это — обстоятельство, совершенно независимое отъ ранѣе упомянутаго факта, что данный элементъ часто обладаетъ нѣсколькими совершенно различными спектрами. Перемѣны, подобныя только что указаннымъ, идутъ до извѣстнаго момента; затѣмъ внезапно появляется совершенно новый спектръ; повидимому онъ такъ мало связанъ съ предшествующимъ, что его можно приписать совершенно иному элементу или смѣси элементовъ; такъ оно и должно быть по теоріи Локіера.

Темныя линіи солнечнаго спектра, характеризующія данный элементъ, всѣ совпадаютъ съ яркими линіями его газоваго спектра. Но часто бываетъ, что относительная ширина и напряженность солнечныхъ линій не отвѣчаютъ ширинѣ и напряженности яркихъ линій въ спектрѣ, полученномъ искусственными средствами. Примѣръ—спектръ кальція: извѣстныя линіи, которыя при нашихъ лабораторныхъ опытахъ являются наиболѣе замѣтными, очень слабы въ спектрѣ солнца; напротивъ, другія линіи, незамѣтныя въ спектрѣ электрической искры, значительно важнѣе на солнечной поверхности. До сихъ поръ мы не въ состояніи съ достовѣрностью истолковать всѣ эти измѣненія; вообще-же, всѣ они приводятъ къ заключенію, что температура солнечной атмосферы много выше температуры какого-угодно извѣстнаго намъ пламени или электрической дуги.

Спектроскопическія указанія относительно движенія.

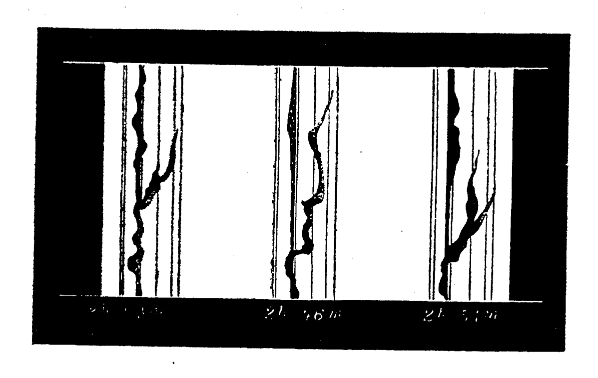
По временамъ, когда движенія солнечной атмосферы становятся необыкновенно напряженными, спектроскопъ увѣдомляетъ насъ объ этомъ и даетъ намъ средства опредѣлить скорость, съ которою движущіяся массы приближаются къ намъ или удаляются отъ насъ. Если свѣтящееся тѣло приближается со скоростью, вполнѣ сравнимою со скоростью свѣта, высота свѣта, если позволительно такъ выразиться,—длина его волны и число колебаній въ секунду,—измѣнится и увеличится точно такъ-же, какъ въ случаѣ звука.

Большинство нашихъ читателей, вѣроятно, замѣтили, какъ измѣняется высота звука у колокола или свистка, помѣщенныхъ на паровозѣ, который проносится мимо съ полною скоростью, особенно, если мы сами находимся на поѣздѣ, движущемся въ противоположномъ направленіи. Когда скорость велика (около 60 километровъ въ часъ для каждаго поѣзда), высота звука увеличивается на цѣлую терцію.

Объясненіе, впервые данное Допплеромъ въ Прагѣ въ 1842 году, состоитъ въ слѣдующемъ. Если-бъ мы и локомотивъ, везущій колоколъ, оставались неподвижными, мы услышали-бы истинный звукъ колокола: колебанія слѣдовали бы другъ за другомъ съ правильными и истинными промежутками. Но если мы быстро приближаемся къ колоколу, промежутокъ времени между ударами двухъ послѣдовательныхъ колебаній о барабанную перепонку нашего уха сдѣлается меньше: въ самомъ дѣлѣ, воспринявши одно колебаніе, мы подвигаемся на нѣкоторую часть пути, прежде чѣмъ встрѣтимъ слѣдующее; такимъ образомъ, мы получимъ его раньше, чѣмъ въ томъ

случаѣ, если бы оставались въ покоѣ. Между тѣмъ этимъ промежуткомъ времени между послѣдовательными колебаніями и опредѣляется высота звука: чѣмъ больше колебаній въ секунду, тѣмъ выше звукъ. Теперь, если мы останемся въ покоѣ, и колоколъ будетъ приближаться къ намъ, произойдетъ, очевидно, тотъ же самый эффектъ; если-же будутъ двигаться и колоколъ, и слушатель, эффекты сложатся. Наконецъ, ясно, что удаленіе слушателя отъ колокола произведетъ противоположное дѣйствіе и понизитъ высоту звука.

То же происходитъ и со свѣтомъ. Онъ также состоитъ изъ колебаній; преломляемость луча и его уклоняемость (diffrangibility), если можно выдумать такое слово, зависятъ отъ числа колебаній въ секунду, съ которымъ свѣтъ достигаетъ преломляющей или уклоняющей (diffracting) поверхности. Чѣмъ чаще колебанія, тѣмъ больше преломленіе и тѣмъ меньше уклоненіе. Если мы быстро приближаемся къ массѣ, скажемъ, раскаленнаго водорода, мы найдемъ, что положеніе каждаго изъ характерныхъ лучей въ его спектрѣ слегка измѣнилось: лучъ отодвинулся отъ краснаго конца спектра (область медленныхъ колебаній), сравнительно съ тѣмъ моментомъ, когда мы были бы въ покоѣ. Сравнивая положенія этихъ линій съ положеніями линій, полученныхъ отъ Гейслеровой трубки, содержащей водородъ, мы нашли бы, какъ велика происшедшая перемѣна; отсюда мы опредѣлили бы отношеніе между скоростью, съ которою мы приближаемся къ движущейся массѣ, и скоростью свѣта. То-же происходитъ, если тѣло приближается къ намъ. Наоборотъ, если разстояніе возростаетъ, линіи спектра будутъ смѣщены ко красному концу *).



39. **Измѣненія въ C—линіи.**
(22 сентября 1870 года).

Такъ какъ скорость свѣта крайне велика (болѣе 299 000 километровъ въ секунду),

---

*) Формула, по которой вычисляется измѣненіе въ длинѣ волны, произведенное данною скоростью вдоль линіи зрѣнія, очень проста. Пусть λ истинная длина волны; λ' новая длина волны подъ вліяніемъ движенія; V скорость свѣта (299 860 километровъ въ секунду); v— скорость, съ которою увеличивается разстояніе между наблюдателемъ и источникомъ свѣта; тогда $\lambda' - \lambda = \lambda \frac{v}{V}$; слѣдовательно, можно написать $\Delta\lambda = \lambda \frac{v}{V}$. Если разстояніе убываетъ, v должно взять отрицательнымъ, и λ' будетъ меньше λ.

Предположимъ для примѣра, что близъ солнечнаго пятна масса водорода приближается къ намъ со скоростью 80 километровъ въ секунду; насколько уменьшится длина волны C линіи ($\lambda = 6\,563$ единицамъ)?

$\Delta\lambda = 6\,563 \frac{80}{299\,860} = \frac{6\,563}{3\,726} = 1{,}77$ единицамъ. Это значитъ, что C линія будетъ смѣщена къ голубому концу на 1,77 единицы по шкалѣ Роландовой карты.

очевидно, что только очень быстрыя движенія могутъ произвести чувствительное смѣщеніе линій въ спектрѣ. Но въ сосѣдствѣ съ солнечными пятнами и въ солнечныхъ выступахъ мы часто встрѣчаемъ массы газа, движущіяся со скоростью отъ 45 до 80 километровъ въ секунду, иногда даже со скоростью 480 километровъ въ секунду. Поэтому, работая съ телеспектроскопомъ, нерѣдко можно наблюдать искаженіе и смѣщеніе частей темной линіи, которыя причинены этими движеніями и свидѣтельствуютъ о нихъ.

Рисунокъ 39 представляетъ видъ C линіи, наблюдавшейся авторомъ въ спектрѣ солнечнаго пятна 22 сентября 1870 года. Скорость измѣняется между 370 и 515 километрами въ секунду; скорость больше 515 километровъ получается рѣдко, пожалуй, даже никогда.

Результаты этого рода настолько поразительны, что часто пытались избѣгнуть ихъ и объяснить искаженіе линій инымъ путемъ; но успѣха не было. Возникли также затрудненія въ отношеніи математической теоріи вопроса. Эти трудности однако устранены. Нужна была опытная провѣрка принятаго взгляда; этого достигли, измѣряя смѣщеніе линій въ спектрахъ восточнаго и западнаго краевъ солнца. Вслѣдствіе вращенія солнца, восточный край движется по направленіи къ намъ, западный—отъ насъ, каждый со скоростью около 2 километровъ въ секунду. Вытекающее отсюда смѣщеніе линій, конечно, очень слабо:—только около $^1/_{100}$ разстоянія между двумя D линіями; но, какъ ни мало оно, всетаки оно удовлетворительнымъ образомъ открыто и измѣрено многими наблюдателями: Целльнеромъ, Фогелемъ, Ланглеемъ и авторомъ.

Опредѣленныя значенія, въ общемъ, измѣнялись между числами, нѣсколько большими, чѣмъ 1,87 килом. Мой собственный результатъ былъ $2,29 \pm 0,11$ и былъ полученъ въ 1876 году съ диффракціоннымъ спектроскопомъ, впервые примѣненнымъ въ астрономической практикѣ.

Позднѣйшее опредѣленіе, сдѣланное Крю въ Балтиморѣ со значительно сильнѣйшимъ инструментомъ, дало 1,90. Наиболѣе полный и удовлетворительный рядъ наблюденій этого рода былъ сдѣланъ Дюнеромъ въ 1887—89 годахъ; онъ далъ не только хорошее опредѣленіе періода солнечнаго вращенія (25,56 сутокъ), близко согласное съ значеніемъ его, выведеннымъ изъ наблюденій надъ пятнами, но также ясно обнаружилъ „экваторіальное ускореніе“ (стр. 104).

Корню сдѣлалъ прекрасное примѣненіе этого принципа для того, чтобы различить въ солнечномъ спектрѣ дѣйствительно „солнечныя“ линіи и „земныя“ линіи, принадлежащія нашей собственной атмосферѣ. Малое изображеніе солнца получалось на пластинкѣ щели спектроскопа посредствомъ чечевицы, которая могла качаться взадъ и впередъ три или четыре раза въ секунду. Вслѣдствіе этого, изображеніе солнца могло колебаться поперекъ пластинки въ восточномъ и западномъ направленіи; всѣ истинныя солнечныя линіи казались наблюдателю дрожащими, между тѣмъ земныя линіи оставались неподвижными.

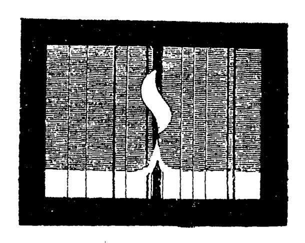
Въ этомъ смѣщеніи линій Локіеръ находитъ сильный доводъ въ пользу своей теоріи. Довольно часто случается, что въ сосѣдствѣ съ пятномъ нѣкоторыя изъ линій, которыя мы относимъ ко спектру желѣза, указываютъ на сильное движеніе, между тѣмъ какъ другія сосѣднія линіи, одинаково характеризующія лабораторный спектръ желѣза, не показываютъ вовсе никакого возмущенія. Допустимъ, что такъ называемый спектръ желѣза образуется при нашихъ опытахъ чрезъ наложеніе

двухъ или болѣе спектровъ, принадлежащихъ составляющимъ желѣза. Допустимъ далѣе, что на солнцѣ эти составляющія по большей части ограничены различными областями давленія, температуры и высоты. Легко видѣть, что тогда одна группа линій можетъ подвергнуться смѣщенію, хотя другая осталась неизмѣнною.

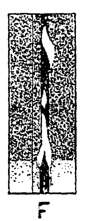
Но тѣ же самые факты можно объяснить различными другими гипотезами.

Смѣщеніе спектральныхъ линій вслѣдствіе измѣненій давленія *).

* Хемфрисъ и Молеръ произвели въ 1895—96 годахъ въ Университетѣ Джона Хопкинса важный рядъ наблюденій. Они доказали, что измѣненіе давленія вліяетъ на положеніе линій въ спектрѣ точно такъ же, какъ движеніе по линіи зрѣнія (приближеніе или удаленіе).



40. **Водородная линія F** въ спектрѣ протуберанца 8 іюня 1871 года.



41. **Водородная линія F** въ спектрѣ протуберанца 5 марта 1871 года.

Оба рисунка принадлежатъ Фогелю. Оба свидѣтельствуютъ о вихревомъ, вращательномъ движеніи раскаленныхъ массъ.

Увеличеніе давленія на газовыя молекулы, которыя испускаютъ или поглощаютъ свѣтъ, смѣщаетъ линіи спектра ко красному концу. Величина смѣщенія пропорціональна измѣненію давленія и длинѣ волны данной линіи, но различна для различныхъ элементовъ и въ нѣкоторыхъ, по крайней мѣрѣ, случаяхъ различна для линій, принадлежащихъ различнымъ „рядамъ“ въ спектрѣ даннаго элемента. Напримѣръ, смѣщеніе линій H и K только вдвое меньше, чѣмъ смѣщеніе линій кальція, принадлежащихъ двумъ правильнымъ рядамъ.

Это дѣйствіе давленія очень слабо: для большинства веществъ измѣненіе давленія на 10 атмосферъ (10 килограммовъ на квадратный сантиметръ) производитъ смѣщеніе значительно меньшее, чѣмъ скорость 1,6 километра въ секунду. Всетаки даже этою величиной нельзя пренебрегать при изслѣдованіи движеній звѣздъ: сравнивая смѣщеніе линій различныхъ элементовъ, мы получаемъ важное указаніе относительно атмосферныхъ давленій, существующихъ на поверхности звѣздъ, слѣдовательно, относительно напряженности на нихъ силы тяжести. Въ „обращающемъ слоѣ“ солнца давленіе заключается, кажется, между 4 и 7 атмосферами *.

---

*) Дополненіе къ русскому изданію. Помѣщено авторомъ въ «Popular Astronomy», 189⁷/₈. Vol. V, № 6.

Объ установкѣ спектроскопа. *)

* Въ отвѣтъ на настоятельныя просьбы нѣкоторыхъ нашихъ читателей можемъ сдѣлать слѣдующія указанія.

A. Первый шагъ это—установить зрительную трубу по фокусу, фокусировать ее. Отнимите ее отъ спектроскопа, направьте на небо и устанавливайте окуляръ до тѣхъ поръ, пока нити микрометра не станутъ совершенно отчетливыми. Тогда, направляя на какой-нибудь отдаленный предметъ, вдвигайте или выдвигайте микрометръ до тѣхъ поръ, пока предметъ не будетъ отчетливо виденъ въ одно время съ нитями. Если нѣтъ микрометра, достаточно установить окуляръ такъ, чтобы ясно видѣть отдаленный предметъ. Всего лучше сдѣлать постоянную мѣтку на трубѣ, чтобы можно было сразу фокусировать ее, если-бы прежняя установка по фокусу оказалась случайно нарушенной.

B. Фокусировать коллиматоръ. Замѣните зрительную трубу спектроскопа, отнимите призмы или рѣшетку, если это возможно при данной конструкціи инструмента, и поставьте зрительную трубу такъ, чтобы смотрѣть прямо въ коллиматоръ. Приведите щель коллиматора какъ разъ въ центръ поля зрѣнія и закройте ее такъ, чтобы сдѣлать ее очень узкою. Теперь, стараясь не разстроить фокусъ зрительной трубы, вдвигайте или выдвигайте трубу, которая несетъ щель, пока эта щель не обозначится въ зрительной трубѣ съ полной ясностью и отчетливостью въ видѣ тонкой безцвѣтной свѣтовой линіи. Можетъ быть, понадобится освѣтить щель; для этого помѣстите передъ нею кусочекъ бѣлой бумаги; того-же можно достигнуть инымъ путемъ.

Часто случается, что при данномъ устройствѣ инструмента зрительную трубу нельзя направить на коллиматоръ. Если спектроскопъ снабженъ рѣшеткой, можно поступить слѣдующимъ образомъ. Вращайте рѣшетку, пока отраженное изображеніе не будетъ отброшено въ зрительную трубу; потомъ фокусируйте коллиматоръ, какъ указано раньше. (Чтобы получить изображеніе щели въ центрѣ поля зрѣнія, придется, можетъ быть, тронуть винты, которые регулируютъ наклонность рѣшетки). Если рѣшетка дѣйствительно плоская, этотъ способъ дастъ настолько-же хорошіе результаты, какъ и первый указанный способъ. Рѣшетки, получаемыя въ настоящее время, въ этомъ отношеніи, вообще, безукоризненны.

Если спектроскопъ снабженъ призмой, лучше всего фокусировать коллиматоръ. Для этого, не трогая фокуса зрительной трубы, вдвигайте или выдвигайте трубу, несущую щель, пока линіи спектра не станутъ рѣзкими. Нужно, чтобъ поверхности призмъ были совершенно плоскими. Если же этого нѣтъ, указаннымъ путемъ нельзя получить никакого удовлетворительнаго результата; и призмы не годятся для наблюденій выступовъ или солнечныхъ пятенъ, хотя онѣ могутъ въ совершенствѣ удовлетворять какому угодно роду лабораторныхъ занятій.

C. Установите щель параллельно линіямъ рѣшетки или ребрамъ призмъ, поворачивая трубу, несущую щель, пока спектральныя линіи не будутъ перпендикулярны ко краямъ спектра. Это дѣлается обыкновенно тогда, когда коллиматоръ уже фокусированъ.

---

*) Дополненіе къ русскому изданію. Помѣщено авторомъ въ «Popular Astronomy», 189⁷/₈. Vol. V, № 6.

Д. Установите линіи рѣшетки перпендикулярно къ плоскости, которая содержитъ оптическія оси зрительной трубы и коллиматора. Если установка точна, въ такомъ случаѣ, вращая рѣшетку, мы заставимъ спектры двигаться прямо поперекъ поля зрѣнія, не поднимаясь и не падая.

Допустимъ, что при вращеніи рѣшетки спектры на одной сторонѣ изображенія щели поднимаются, на другой падаютъ. Ошибку можно исправить. Для этого нужно съ помощью регулирующихъ винтовъ поднять одинъ край рѣшетки (такъ, чтобы слегка вращать рѣшетку въ ея собственной плоскости).

Если спектры идутъ по кривой линіи, это значитъ, что плоскость рѣшетки непараллельна оси вращенія. Слѣдовательно нужно наклонить верхъ рѣшетки.

Вѣроятно, потребуется нѣсколько пробъ, чтобы получить обѣ установки: достигая одной, легко разстроить другую. Въ спектроскопахъ съ призмами соотвѣтствующую установку долженъ дать механикъ. Если-же этого не сдѣлано, достичь правильной установки, слегка передвигая призмы,—задача довольно серьезная. Описаніе этого способа заняло бы слишкомъ много времени.

Е. Установите съ точностью фокусъ зрительной трубы и коллиматора для спеціальнаго луча спектра. (Фокусы различныхъ лучей не совпадаютъ.) Предположимъ, что дѣло идетъ о С-линіи. Поверните рѣшетку такъ, чтобы привести въ полѣ зрѣнія зрительной трубы С-линію въ спектрѣ второго порядка. Она должна лежать на той сторонѣ изображенія щели, гдѣ свѣторазсѣяніе больше. (Если смотрѣть въ окуляръ, синій конецъ этого спектра приходится между наблюдателемъ и коллиматоромъ). Вѣроятно, линія окажется невполнѣ рѣзкою. Если такъ, сдѣлайте ее рѣзкою, фокусируя коллиматоръ, но не трогая фокуса зрительной трубы, установленной на отдаленный предметъ. Потомъ вращайте рѣшетку такъ, чтобы С-линію въ спектрѣ второго порядка привести въ спектръ съ меньшимъ свѣторазсѣяніемъ на другой сторонѣ изображенія щели. Можетъ статься, зрительная труба замѣтно выйдетъ изъ фокуса. Если такъ, фиксируйте зрительную трубу, оставляя коллиматоръ въ покоѣ. Потомъ опять идите назадъ къ сторонѣ съ большимъ свѣторазсѣяніемъ и посмотрите, будетъ ли С-линія все еще въ фокусѣ. Если нѣтъ, опять установите фокусъ коллиматора. Достаточно только прикоснуться. Конечно, если найдете необходимымъ, можно сдѣлать третье приближеніе тѣмъ же путемъ. Всегда фокусируйте коллиматоръ на спектръ съ большимъ свѣторазсѣяніемъ, а зрительную трубу на спектръ съ меньшимъ свѣторазсѣяніемъ, смѣняя поочередно назадъ и впередъ, пока установка не станетъ точною.

F. Установите щель въ фокальной плоскости экваторіала, къ которому придѣланъ спектроскопъ. Выньте окуляръ экваторіала, поворачивайте спектроскопъ кругомъ, пока щель не пойдетъ приблизительно по линіи сѣверъ-югъ. Направьте инструментъ на солнце, такъ чтобы сѣверный или южный край солнечнаго изображенія лежалъ поперекъ щели, приблизительно по серединѣ. Разсматривая изображеніе, пользуйтесь темнымъ стекломъ; иначе глазъ будетъ ослѣпленъ и потеряетъ значительную часть чувствительности. Двигайте весь спектроскопъ ближе или дальше отъ объектива экваторіала, пока край изображенія не будетъ казаться на щели рѣзкимъ; это дастъ приблизительную установку. Теперь смотрите въ спектроскопъ и приведите С линію въ середину поля зрѣнія. Спектръ будетъ раздѣленъ по длинѣ на двѣ половины: одну очень яркую, — спектръ самого солнца, другую болѣе слабую,—

спектръ земной атмосферы. Фокуспруйте зрительную трубу весьма тщательно на пыльныя линіи въ спектрѣ. Ихъ всегда бываетъ достаточно. Посмотрите, будетъ-ли вполнѣ рѣзка граница между двумя половинами спектра. Если нѣтъ, слегка исправьте установку, пока не будетъ выполнено это условіе. Послѣдней установки можно достичь лишь въ томъ случаѣ, если воздухъ очень устойчивъ. Когда мы получимъ ее, должно сдѣлать постоянныя мѣтки; это поможетъ возстановить ее, если она разстроена. Кромѣ того, нужно помнить, что для различныхъ лучей спектра требуется различная установка (см. страницу 46). Фокусное разстояніе обыкновеннаго ахроматическаго объектива—всего менѣе для лучей между D и E, немного больше для C и F, для которыхъ оно почти одинаково, значительно длиннѣе для лучей синяго и фіолетоваго.

Въ телескопѣ съ фокуснымъ разстояніемъ футовъ въ двѣнадцать разница между E и H составляетъ полные 3/4 дюйма.

Сдѣлаемъ еще одно замѣчаніе. Чтобы удалить пыль со щели, лучше всего пользоваться кускомъ бѣлой мягкой сосны въ формѣ зубочистки. Таковъ, по крайней мѣрѣ, личный опытъ автора.

Почти всякій другой сортъ дерева оставляетъ въ щели обломки *.

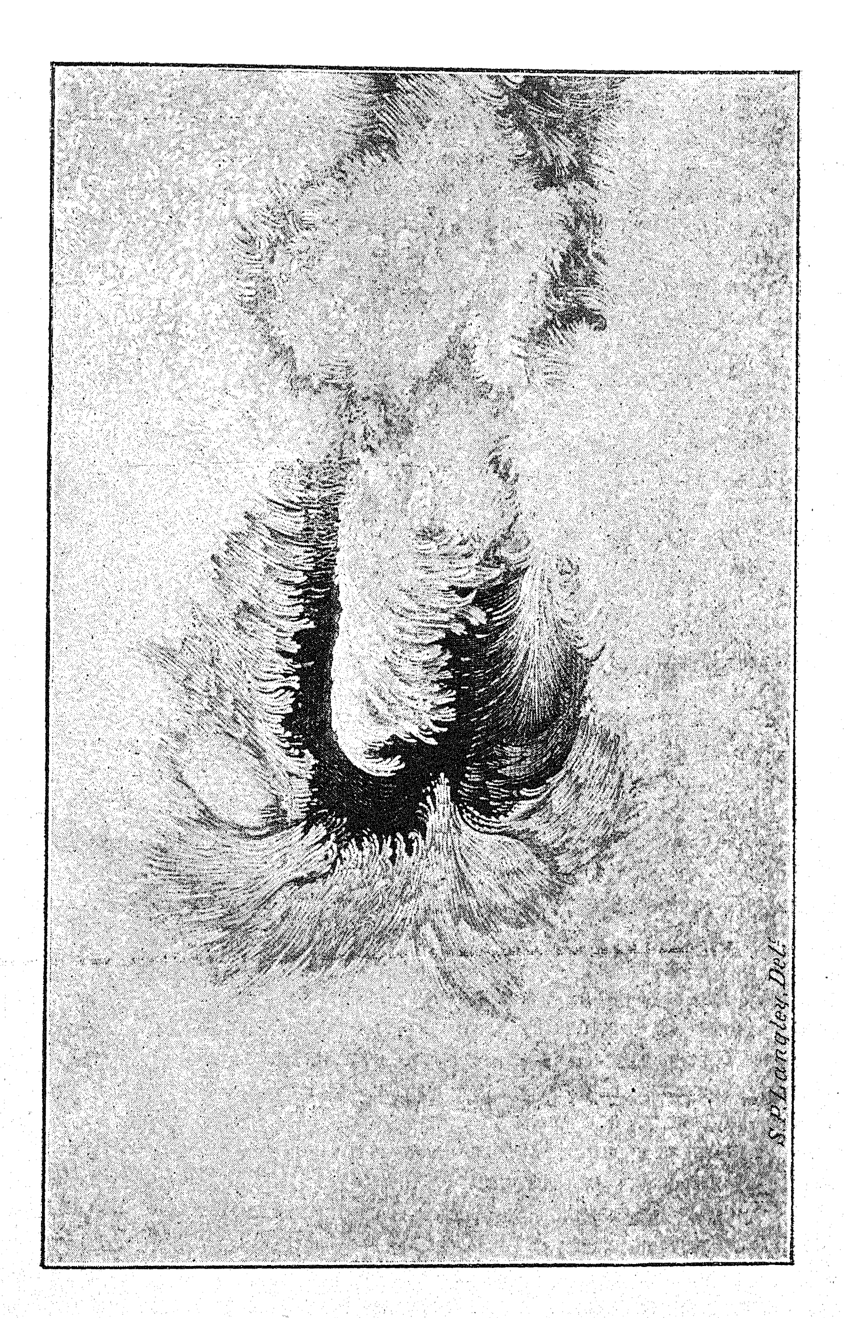
IV.

Солнечныя пятна и поверхность.

Грануляція солнечной поверхности.—Взгляды Ланглея, Нэсмиса, Секки и другихъ.—Факелы.—Природа фотосферы.—Фотографіи солнечной поверхности, изготовленныя Жансеномъ.—Фотосферная сѣть.—Открытіе солнечныхъ пятенъ.—Общій видъ и строеніе пятна.—Его образованіе и исчезновеніе.—Продолжительность существованія солнечнаго пятна.—Замѣчательныя явленія, наблюдавшіяся Кэррингтономъ и Ходгсономъ.—Наблюденія Петерса.—Размѣры пятенъ.—Пятна это—впадины.—Спектръ солнечнаго пятна.—Пятна съ покровами.—Вращеніе солнца.—Экваторіальное ускореніе.—Объясненія ускоренія.—Положеніе солнечной оси по Секки.—Таблица для ея угла положенія въ разныя времена года.—Собственныя движенія пятенъ.—Распредѣленіе пятенъ.

Когда наблюдатель, снабженный подходящими телескопическими приборами, изслѣдуетъ поверхность солнца, передъ нимъ открывается поле, полное интереса. Съ перваго взгляда, правда, оно менѣе поражаетъ, чѣмъ луна: здѣсь нѣтъ такого множества предметовъ, привлекающихъ непосредственное вниманіе, нѣтъ горныхъ цѣпей и кратеровъ, нѣтъ тѣней, бороздокъ и свѣтлыхъ полосъ.

Но, если телескопъ хорошъ и атмосферныя условія благопріятны, скоро начинаютъ выступать подробности; поверхность совсѣмъ не представляется однообразной: она состоитъ изъ мелкихъ зеренъ напряженнаго блеска и неправильной формы; они плаваютъ въ болѣе темной средѣ и расположены группами и полосами. Если примѣнить не особенно сильное увеличеніе, общее впечатлѣніе отъ поверхности очень напоминаетъ грубую рисовальную бумагу или свернувшееся молоко, видимое



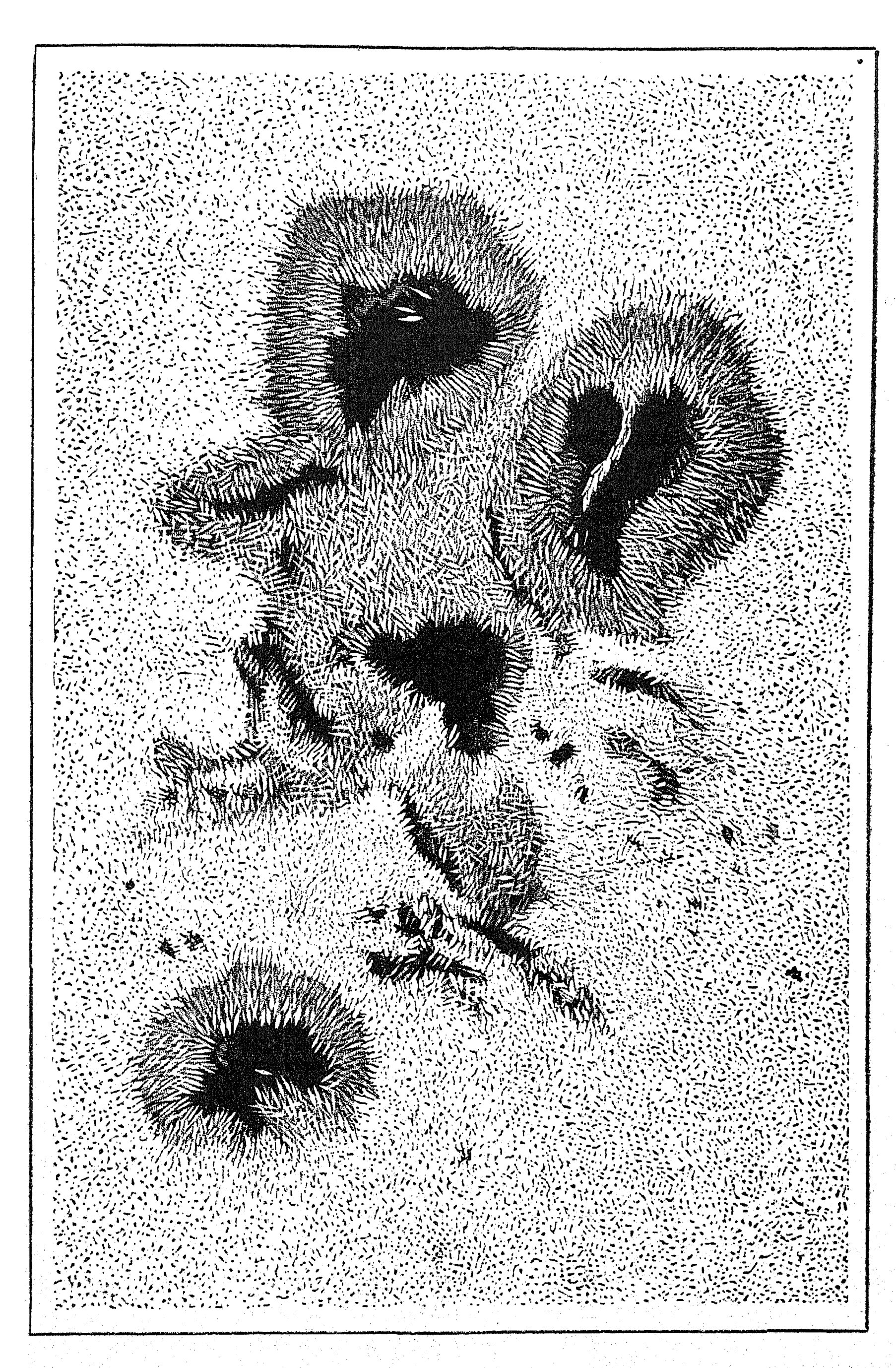
42. **Солнечное пятно — по Ланглею.**

съ небольшого разстоянія. Въ сущности, только слабымъ увеличеніемъ и можно пользоваться: солнечная теплота обыкновенно держитъ воздухъ въ состояніи большого безпокойства; поэтому лишь случайно можно изслѣдовать солнечную поверхность съ такими увеличеніями, какія мы постоянно примѣняемъ для луны и планетъ. Но отъ времени до времени выпадаютъ счастливыя минуты и даже часы, когда увеличеніе телескопа можно довести до его максимума; тогда мы получаемъ изображенія въ родѣ того, какое профессоръ Ланглей представилъ въ своемъ прекрасномъ рисункѣ (рис. 42). Зерна или „узелки", какъ ихъ назвалъ Гершель, кажутся тогда неправильно закругленными массами, разсыпанными на менѣе блестящемъ фонѣ; каждая простирается по всѣмъ направленіямъ на нѣсколько сотъ километровъ. По сравненію профессора Ланглея, они производятъ то-же впечатлѣніе, какъ снѣжинки, безпорядочно разсѣянныя на сѣроватой ткани. Если телескопъ имѣетъ діаметръ не меньше 9 дюймовъ (225 миллиметровъ) и если изображенія въ трубѣ превосходны, эти зерна сами распадаются иногда на „зернышки"; это маленькія свѣтящіяся точки не болѣе 160 километровъ или около этого въ діаметрѣ. Соединяясь они образуютъ зерна—точно такъ же, какъ изъ зеренъ, въ свою очередь, составляются болѣе грубыя массы солнечной поверхности. Профессоръ Ланглей считаетъ, что эти „зернышки" составляютъ, можетъ быть, около $^1/_5$ солнечной поверхности, между тѣмъ какъ онѣ испускаютъ, по крайней мѣрѣ, $^3/_4$ солнечнаго свѣта. Повидимому Ланглей и Секки остаются до сихъ поръ единственными наблюдателями, которые когда либо хорошо ихъ видѣли. „Зерна" извѣстны давно и описаны многими наблюдателями, но съ нѣкоторыми различіями, способными привести въ большое смущеніе. Нэсмисъ въ 1861 году писалъ, что они имѣютъ видъ „ивовыхъ листьевъ"; въ длину они простираются на нѣсколько тысячъ километровъ, но узки, и концы ихъ пріострены. Нэсмисъ рисовалъ поверхность солнца, какъ сплетеніе, составленное изъ такихъ волоконъ. Вотъ одинъ изъ его рисунковъ (рис. 43).

Его описаніе возбудило многочисленныя и довольно горячія толкованія. Даусъ совершенно отвергъ существованіе такихъ формъ, тогда какъ Стонъ и Секки приписали имъ гораздо меньшіе размѣры и сравнили ихъ съ „рисовыми зернами". Геггинсъ не соглашался вполнѣ ни съ тѣми, ни съ другими; онъ изобразилъ солнечную поверхность на слѣдующемъ рисункѣ (рис. 44). Это безспорно весьма правдивое изображеніе того, что видно съ помощью хорошей трубы при условіяхъ благопріятныхъ, но всетаки не самыхъ лучшихъ.

Есть однако части солнечнаго диска, которыя часто состоятъ изъ волоконъ съ тупыми концами, длинныхъ, узкихъ, похожихъ не столько на ивовые листья, сколько на соломины, почти параллельныя одна другой. Этотъ видъ строенія часто называли „соломенная кровля". Особенно часто встрѣчается онъ въ полутѣняхъ пятенъ или въ ихъ ближайшемъ сосѣдствѣ.

Что такое эти зерна и соломины? Можно представить, что зерна—верхніе концы длинныхъ волоконъ свѣтящагося облака, которые на большей части солнечной поверхности стоятъ приблизительно вертикально, но въ полутѣни пятна наклонны, такъ что лежатъ почти горизонтально. Конечно, это не достовѣрно; возможно, что въ болѣе спокойныхъ частяхъ солнечной поверхности облачныя массы дѣйствительно обладаютъ тою формою, какая представляется при наблюденіи: почти

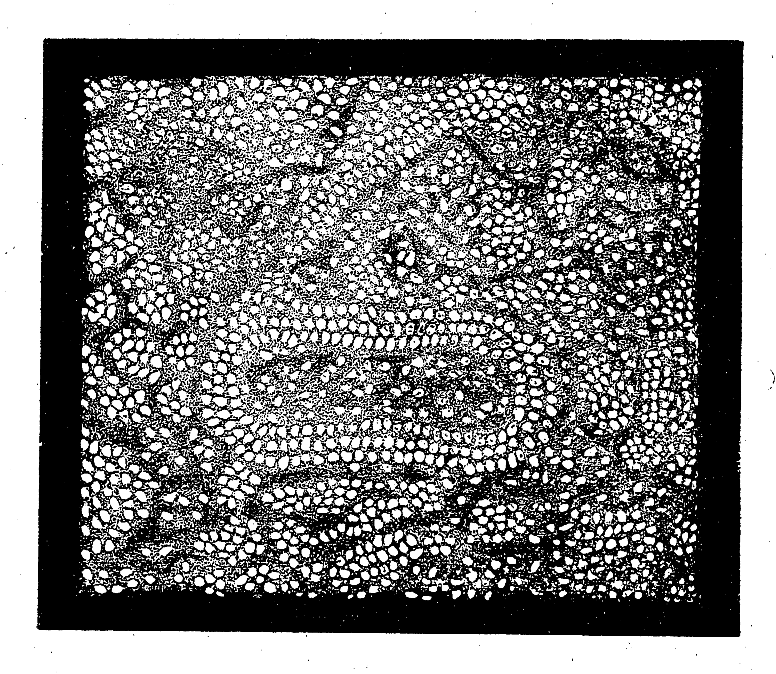


43. **Группа солнечныхъ пятенъ—по Нэсмису.**
Наблюдалась 5 іюня 1864 года.

шаровидною; въ то-же время близъ пятенъ, благодаря атмосфернымъ теченіямъ, они вытянуты въ форму волоконъ.

Каково бы ни было объясненіе, внѣшній видъ вещей въ непосредственномъ сосѣдствѣ пятна прекрасно изображенъ на рисункахъ Нэсмиса, хотя рисунокъ профессора Ланглея рѣшительно точнѣе въ подробностяхъ и представляетъ значительно лучшія изображенія.

Близъ краевъ диска свѣтъ убываетъ очень быстро; извѣстныя своеобразныя формы, называемыя факелами, здѣсь много замѣтнѣе, нежели близъ центра диска. Эти факелы—неправильныя полосы большей яркости, чѣмъ общая поверхность; онѣ



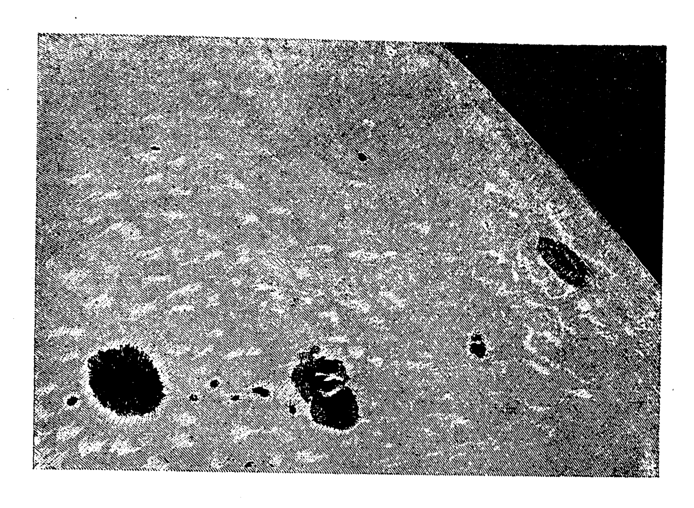
44. Гранулы и поры солнечной поверхности—по Геггинсу.

похожи на хлопья пѣны, покрывающія поверхность рѣки ниже водопада. Довольно часто факелы имѣютъ отъ 8 до 32 тысячъ километровъ въ длину; площади, занимаемыя ими, иногда бываютъ значительно больше любого земного материка.

Рисунокъ 45 взятъ съ фотографическаго снимка Делярю. На немъ достаточно правильно переданъ общій видъ этихъ предметовъ и постепенное потемнѣніе солнечнаго края. Никакая гравюра, рѣзанная на деревѣ, не въ состояніи однако передать нѣжный характеръ хлопьевъ или клочковъ поверхности.

До послѣдняго времени разсматривали эти факелы, какъ возвышенныя части фотосферы,—ребра и гребни свѣтящагося облака, которые поднимаются надъ общимъ уровнемъ и пробиваются чрезъ болѣе плотныя части солнечной атмосферы, совершенно такъ же, какъ наши земныя горы. Когда одинъ изъ нихъ проходитъ

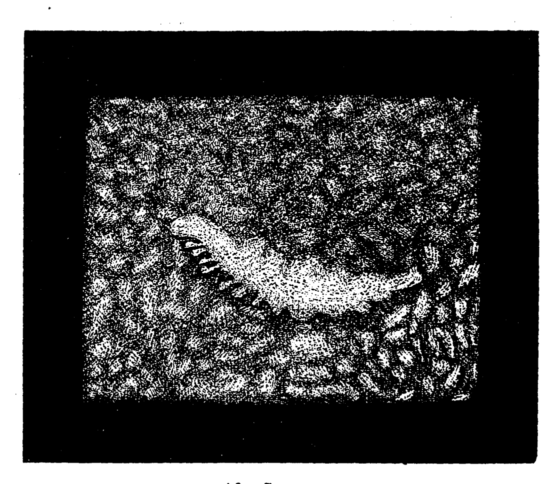
надъ краемъ диска, можно видѣть, какъ онъ проэктируется въ видѣ малаго зубца. Читатель не долженъ однако забывать, что такое возвышеніе будетъ замѣтно лишь



45. **Пятна и факелы.**
По фотографіи Деларю.

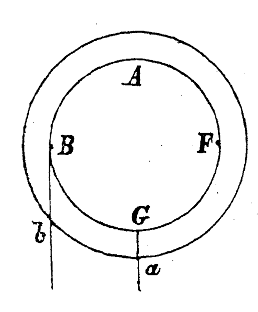
въ томъ случаѣ, если достигнетъ вышины, по крайней мѣрѣ, въ $^1/_2$ секунды дуги, т. е., 360 километровъ; тогда оно будетъ почти въ 45 разъ выше Гималаевъ.

Допустимъ, что факелы—возвышенія, поднимающіяся надъ фотосферою. Почему-же они настолько замѣтнѣе близъ краевъ диска? Причина простая. Свѣтящаяся поверхность, какъ было раньше указано, покрыта атмосферой, не слишкомъ толстой сравнительно съ размѣрами солнца, но все же достаточною для поглощенія значительнаго количества свѣта. Какъ видно изъ рисунка 47, свѣтъ, идущій изъ центра диска, проникаетъ чрезъ эту атмосферу въ а, при самыхъ благопріятныхъ условіяхъ; ослабленіе въ этомъ случаѣ незначительно. Напротивъ, края диска приходится наблюдать чрезъ значительно бо̀льшую толщину атмосферы, напримѣръ, въ Ъ; разумѣется, они кажутся значи-



46. **Факелъ.**
По Секки.

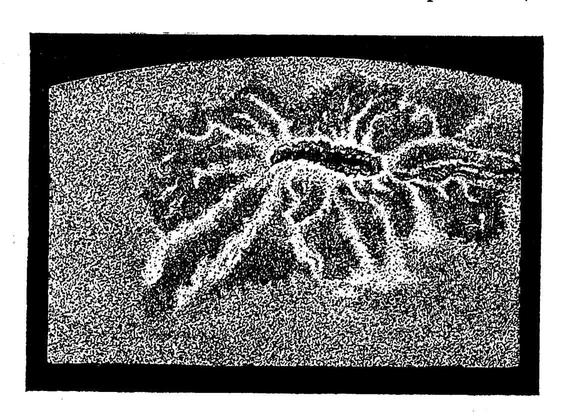
тельно темнѣе; нѣкоторые наблюдатели оцѣниваютъ величину поглощенія даже въ 75%. Возьмемъ крайній случай: предположимъ, что факелъ достаточно высокъ для того, чтобы его вершина подымалась чрезъ всю атмосферу; когда вращеніе солнца переноситъ его отъ центра диска ко краю, его блескъ остается прежнимъ; но раньше его окружалъ фонъ почти одинаковой съ нимъ яркости, на которомъ онъ виденъ лишь съ трудомъ; теперь-же вокругъ него фонъ почти на 75% темнѣе; конечно, факелъ станетъ замѣтнѣе. Что справедливо для факеловъ такихъ крайнихъ размѣровъ, то въ меньшей, конечно, мѣрѣ вѣрно и для факеловъ меньшей высоты.



47. **Пути, проходимые лучами въ атмосферѣ солнца.**

Послѣднія фото-спектрографическія работы Хэля и Деляндра даютъ однако указаніе на иное объясненіе факеловъ. Въ ихъ спектрѣ (какъ давно уже и неоднократно наблюдалъ авторъ визуально) большія H и K полосы кальція постоянно обращены въ тонкую яркую линію, идущую внизъ до средины каждой полосы; тогда какъ въ самомъ пятнѣ такое обращеніе обыкновенно бываетъ „единичнымъ“, въ области факела, окружающей пятно, оно двойное *): это значитъ, яркая линія становится двойной, какъ это изображено на рис. 49.

Это дѣлаетъ болѣе или менѣе вѣроятнымъ, что факелы вовсе не простыя возвышенія фотосферы, но дѣйствительно свѣтящіяся массы паровъ кальція, плавающія въ солнечной атмосферѣ. Возможно, какъ думаетъ профессоръ Хэль, что факелы тожественны съ протуберанцами.



48 **Пятно, окруженное факелами.**
По Секки.

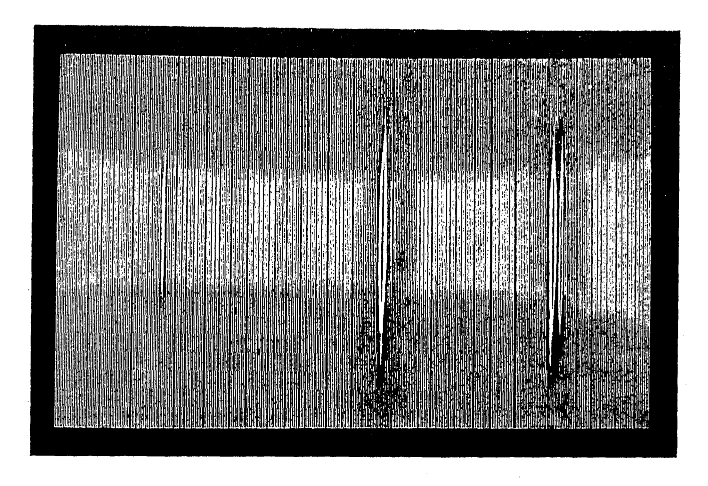
Но Деляндръ и Маундеръ несогласны съ этимъ. По ихъ мнѣнію, факелы не тожественны съ протуберанцами, хотя спектроскопъ и показываетъ, что тѣ и другіе, очевидно, связаны между собою.

Рис. 50 взятъ съ одного изъ спектрогеліографическихъ снимковъ профессора Хэля; снимокъ сдѣланъ съ помощью инструмента, описаннаго въ концѣ главы VI.

Факелы встрѣчаются до нѣкоторой степени по всей поверхности солнца, хотя только изрѣдка въ полярныхъ областяхъ; особенно-же они изобилуютъ въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ пятнами, какъ хорошо показываютъ рисунки 48 и 50.

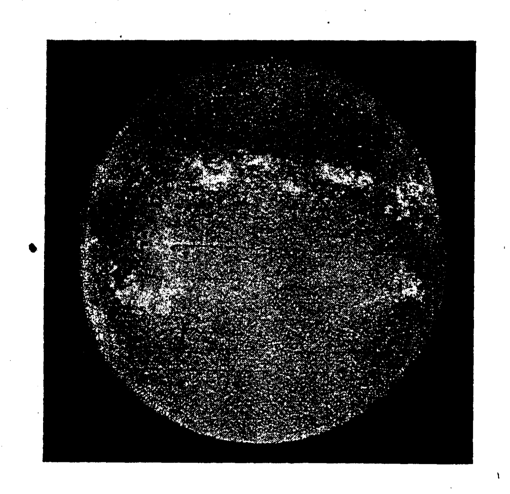
*) Такое двойное обращеніе — очень обыкновенное явленіе въ лабораторныхъ опытахъ надъ металлическими спектрами.

Если исключить области, близкія къ пятнамъ, факелы измѣняютъ форму и мѣсто по большей части довольно медленно, оставаясь по временамъ въ теченіе нѣсколькихъ дней безъ всякаго замѣтнаго измѣненія. Однако внимательное наблю-



49. **Двойное обращеніе H и K линій.**

деніе и микрометрическое измѣреніе всегда откроютъ нѣкоторое движеніе или деформацію даже въ предѣлахъ одного или двухъ часовъ. Въ сосѣдствѣ-же съ пятнами измѣненія часто бываютъ настолько быстры и велики, что даже искусный рисовальщикъ затрудняется слѣдить за ними.

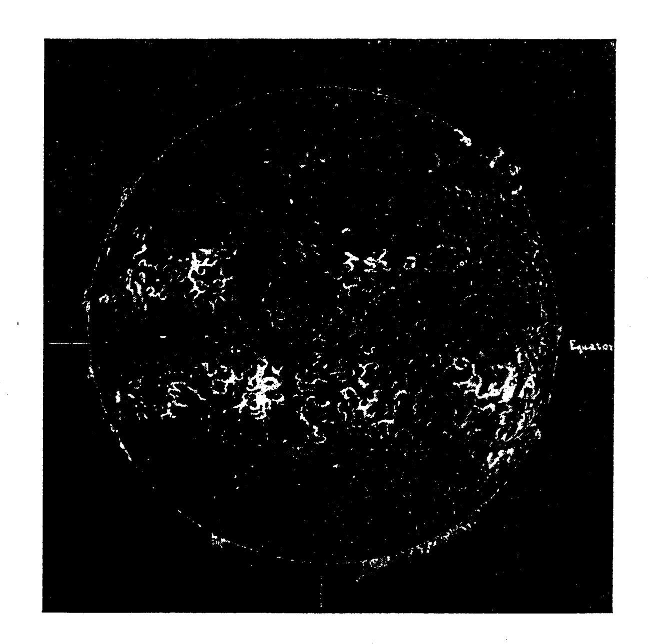


50. **Солнечный дискъ съ факелами.**
Спектрогеліографическій снимокъ Хэля.

Это, разумѣется, показываетъ, что факелы нельзя сравнивать съ горами: они непостоянны и неустойчивы. Поверхность солнца — не материкъ и не океанъ: это — слой пламени или облако, которое клубится, волнуется и никогда не остается спокойнымъ. Когда мы приступаемъ къ изученію мельчайшихъ подробностей грануляціи, мы находимъ, что движенія со скоростью 1 600 километровъ въ часъ представляютъ скорѣе правило, чѣмъ исключеніе.

Здѣсь не мѣсто такъ долго останавливать вниманіе читателя на этомъ вопросѣ. Всетаки мы прибавимъ: всѣ наши данныя относительно температуры и устройства солнца дѣлаютъ почти достовѣрнымъ, что видимая поверхность, которая называется

фотосферой, представляетъ именно слой самосвѣтящихся облаковъ, совершенно подобныхъ облакамъ нашей собственной атмосферы; разница лишь въ томъ, что водяныя капельки, составляющія земныя облака, замѣщены на солнцѣ каплями расплавленнаго металла, и что солнечная атмосфера, въ которой они плаваютъ, это—пламя сжигающаго огненнаго горна, бушующаго съ яростью и силою, превосходящими всякое человѣческое воображеніе. Наблюдая солнце съ разстоянія 149 милліоновъ километровъ, мы не видимъ съ перваго раза слѣдовъ этого движенія въ такихъ предметахъ, какъ факелы и зерна. Но когда мы измѣримъ едва замѣтныя измѣненія, когда превратимъ наши микрометрическія измѣренія въ километры и въ скорости и вообразимъ себѣ масштабъ движеній, тогда ихъ значеніе становится все яснѣе и яснѣе, и мы начинаемъ понимать, въ чемъ тутъ дѣло.

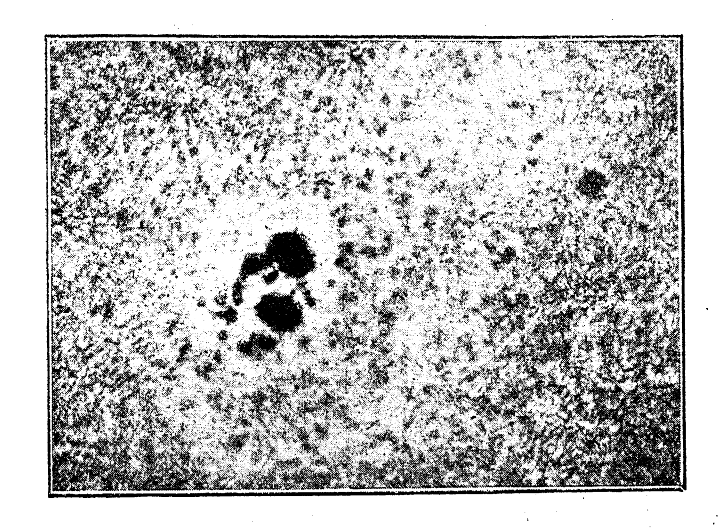


51. **Факелы и выступы 16 апр. 1893 года.**
Спектрогеліографическій снимокъ Хэля.

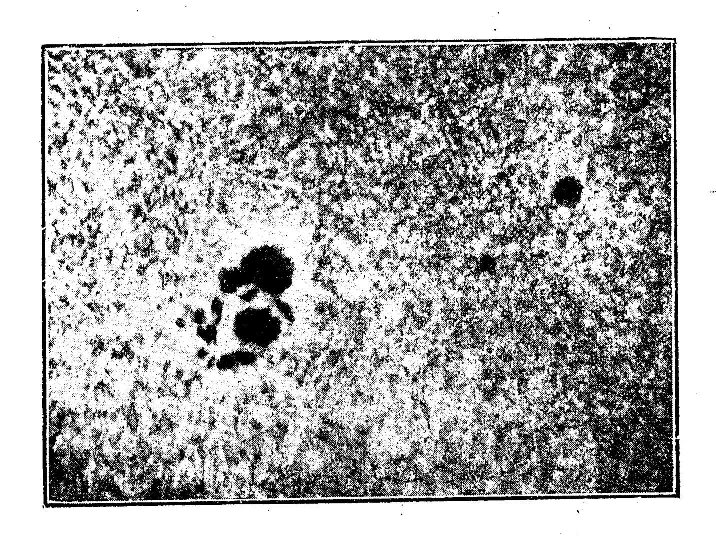
Большой успѣхъ въ нашемъ знаніи строенія солнечной поверхности былъ достигнутъ, благодаря фотографическимъ работамъ Жансена, упомянутымъ въ предыдущей главѣ *). Многіе изъ его снимковъ (на которыхъ дискъ солнца имѣетъ почти 18 дюймовъ или 45 сантиметровъ въ діаметрѣ) показываютъ подробности солнечной поверхности почти такъ же хорошо, если не совершенно такъ же, какъ наблюденія визуальныя. Можно даже отмѣтить то преимущество, что при визуальныхъ наблюденіяхъ изслѣдователь располагаетъ только малымъ полемъ зрѣнія, тогда какъ на фотографическихъ пластинкахъ онъ владѣетъ заразъ всѣмъ и схватываетъ отношенія различныхъ частей. Разсматривая одну изъ этихъ великолѣпныхъ пластинокъ, мы поражаемся съ перваго взгляда ея „запачканнымъ видомъ“ (smudginess, какъ выразился Геггинсъ при ихъ описаніи); можно подумать, что пластинка не достаточно промыта, прежде чѣмъ былъ наложенъ слой коллодія. Болѣе внимательное изслѣдованіе покажетъ однако, что эта особенность принадлежитъ не пластинкѣ, но самому изображенію. На снимкѣ упомянутой величины

*) См. стр. 33—34.

6 ч. 47 мин.



7 ч. 37 мин.



52—53. **Часть фотосферы съ пятнами.**

По Жансену.

Медонъ, 1 іюня 1878 года. Промежутокъ—50 минутъ.

можно различить мѣста вполнѣ чистыя въ $^1/_2$ дюйма или около того въ діаметрѣ, раздѣленныя полосами и мѣстами совсѣмъ неясными и смутными.

Могутъ приписать этотъ видъ движенію воздуха въ трубѣ телескопа и облакамъ пара, поднимающимся со влажной коллодіевой поверхности, внезапно выставленной на солнечный свѣтъ. Но Жансенъ нашелъ, что снимки, полученные непосредственно одинъ послѣ другого, представляютъ то же самое „пачканье" (smudges) на однѣхъ и тѣхъ же частяхъ солнца; этого, разумѣется, не было бы, если-бъ неясныя мѣста были слѣдствіемъ случайныхъ теченій воздуха или пара въ трубѣ телескопа. Жансенъ сдѣлалъ выводъ, что это явленіе—солнечное, и далъ ему названіе „réseau photospherique", „фотосферной сѣти", потому что неясныя полосы и мѣста покрываютъ поверхность солнца какъ-бы сѣтью.

Открытіе этой особенности въ строеніи солнечной поверхности относится къ числу самыхъ интересныхъ и важныхъ результатовъ астрономической фотографіи.

Хотя на снимкахъ, сдѣланныхъ непосредственно одинъ послѣ другого, сѣть представляетъ одинъ и тотъ-же видъ, снимки, получаемые чрезъ промежутки въ 1—2 часа, показываютъ бо̀льшія перемѣны, въ особенности близъ пятенъ и факеловъ. Мы даемъ на страницѣ 83 пару такихъ снимковъ, заимствованныхъ изъ „Ежегодника Бюро Долготъ" за 1879 годъ. Оригинальные снимки были сдѣланы Жансеномъ 1 іюня 1878 года съ промежуткомъ въ 50 минутъ. На нихъ ясно видны характерныя черты „фотосферной сѣти" — такъ - же, какъ природа и величина измѣненій, происшедшихъ за этотъ короткій промежутокъ времени. Сравните грануляцію (зернистость) въ нижнемъ правомъ углу каждаго снимка и непосредственно вокругъ верхняго пятна, не забывая все время, что масштабъ рисунка около 74 тысячъ километровъ въ 25 мм., и что малое пятно вверху рисунка достигаетъ приблизительно 11 тысячъ километровъ въ діаметрѣ.

Жансенъ полагаетъ, что неясныя области это — тѣ мѣста, гдѣ мы смотримъ на поверхность солнца чрезъ части солнечной атмосферы, охваченныя въ этотъ моментъ особеннымъ волненіемъ; тамъ-же, гдѣ атмосфера необычайно спокойна и однородна, тамъ и подробности грануляціи выступаютъ ясно и отчетливо. Эти области непрерывно смѣняются одна другою—точно такъ же, какъ площади бури и тихой погоды на земной поверхности; только быстрота этихъ перемѣнъ несравненно больше.

Нельзя однако утверждать, что возмущенныя части солнечной атмосферы, которыми вызывается данная неясность, лежатъ близъ солнечной поверхности. Можетъ статься, онѣ находятся высоко надъ поверхностью; нѣтъ ничего невѣроятнаго въ предположеніи, что лучи и свѣтящіяся массы короны связаны съ этимъ явленіемъ. Значительное скопленіе хромосфернаго вещества, почти навѣрное, должно измѣнить видъ всего, что лежитъ ниже его. Дѣло, очевидно, въ томъ, что мы смотримъ на зерна и другія образованія солнечной поверхности не чрезъ тонкую, холодную и спокойную атмосферу въ родѣ нашей земной, но чрезъ оболочку изъ вещества, отчасти газообразнаго, отчасти, быть можетъ, подобнаго пыли или дыму, имѣющую много тысячъ километровъ въ глубину и постоянно глубоко и сильно волнуемую.

Но, если на солнечной поверхности случайно окажется хорошо образованная группа пятенъ, они, безъ всякаго сомнѣнія, предпочтительно предъ всѣми другими образованіями, привлекутъ вниманіе каждаго, кто въ первый разъ смотритъ на



54. **Часть фотосферы.**

По Жансену.

Снимокъ, сдѣланный 1 іюля 1877 года.

солнце чрезъ телескопъ. Тѣнь съ ея центральными ядрами, мостами, покровами и облаками, лежащими выше; полутѣнь съ ея тонкимъ строеніемъ изъ волоконъ и перьевъ; окружающіе ихъ факелы и волнующаяся поверхность фотосферы; надо всѣмъ непрерывная смѣна и прогрессъ явленій—все это вмѣстѣ дѣлаетъ солнечное пятно однимъ изъ самыхъ прекрасныхъ и глубоко интересныхъ телескопическихъ предметовъ.

Даже до изобрѣтенія телескопа, особенно въ китайскихъ лѣтописяхъ, часто упоминалось о темныхъ пятнахъ, видимыхъ на дискѣ солнца невооруженнымъ глазомъ. Въ 807 году послѣ Рождества Христова въ Европѣ въ теченіе восьми приблизительно дней было видно большое пятно. Многіе предположили, что это—планета Меркурій; то же самое было съ пятномъ, которое наблюдалось Кеплеромъ въ 1609 году. Вообще, во всѣхъ случаяхъ, когда были замѣчены пятна, ихъ неизмѣнно приписывали тѣламъ, оказавшимся между солнцемъ и землей. Мысль о такихъ несовершенствахъ на дискѣ небеснаго тѣла сильнѣйшимъ образомъ противорѣчила теологической философіи среднихъ вѣковъ и была принята только медленно и неохотно даже послѣ того, какъ этотъ фактъ былъ вполнѣ доказанъ.

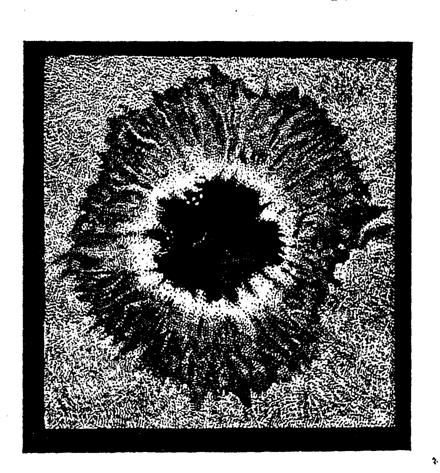
Въ 1610 и 1611 годахъ открытіе пятенъ на солнцѣ было сдѣлано повидимому независимо другъ отъ друга Фабриціемъ, Шейнеромъ и Галилеемъ. По современнымъ правиламъ относительно научнаго первенства, честь перваго открытія принадлежитъ Фабрицію, потому что онъ первый напечаталъ о немъ въ сочиненіи „De Maculis in Sole Observatis“, „О пятнахъ, наблюдавшихся на солнцѣ“. Оно появилось въ Виттенбергѣ въ іюнѣ 1611 года. Открытіе это было, конечно, необходимымъ слѣдствіемъ изобрѣтенія телескопа, который впервые вошелъ въ употребленіе въ Голландіи въ 1608 или 1609 году. Первое наблюденіе Фабриція было сдѣлано въ декабрѣ 1610 года. Галилей въ отвѣтномъ письмѣ на извѣщеніе объ открытіи Шейнера, изданное въ началѣ 1612 года, утверждаетъ, что видѣлъ солнечныя пятна въ свой только-что построенный телескопъ уже въ октябрѣ 1610 года. Повидимому Шейнеръ впервые увидѣлъ солнечныя пятна въ Ингольштадтѣ еще въ мартѣ 1611 года. Но его церковный начальникъ посовѣтовалъ ему не вѣрить собственнымъ глазамъ, разъ наблюденіе противорѣчитъ авторитету Аристотеля. Только въ ноябрѣ и декабрѣ Шейнеръ опубликовалъ отчетъ о своихъ открытіяхъ въ трехъ письмахъ къ нѣкоему Вельзеру, бургомистру города Аугсбурга; это было, слѣдовательно, черезъ нѣсколько мѣсяцевъ послѣ того, какъ появилось въ печати сочиненіе Фабриція. Нѣтъ никакого основанія сомнѣваться въ словахъ Галилея. Онъ потерялъ славу перваго открытія, потому что объявилъ о немъ слишкомъ поздно; возможно, что этотъ горькій опытъ и побудилъ его объявлять о послѣдующихъ открытіяхъ въ формѣ анаграммъ, объясненіе которыхъ онъ откладывалъ на нѣкоторое время.

Съ самаго начала своихъ наблюденій Фабрицій такъ же, какъ Галилей, призналъ, что пятна это—предметы, находящіеся на поверхности солнца, что солнце вращается около оси, увлекая ихъ съ собою. Шейнеръ вначалѣ держался мнѣнія, что пятна—планеты, которыя движутся очень близко къ солнцу, но не касаясь его поверхности. Многіе раздѣляли это мнѣніе. Французскій астрономъ Тарде зашелъ такъ далеко, что даже назвалъ ихъ бурбонскими свѣтилами, въ честь династіи Бурбоновъ. Однако дальнѣйшія наблюденія скоро убѣдили Шейнера въ правильности

мнѣнія и доказательствъ Галилея. Лѣтъ двадцать спустя, Шейнеръ издалъ огромный томъ „Rosa Ursina" *), содержащій отчетъ о всѣхъ его наблюденіяхъ и приборахъ. Его телескопъ былъ установленъ параллатически и проэктировалъ изображеніе солнечнаго диска на экранъ совершенно такимъ же образомъ, какъ это дѣлаютъ теперь лучшіе современные наблюдатели. Онъ опредѣлилъ время вращенія солнца и положеніе солнечнаго экватора съ достаточною степенью точности.

Съ тѣхъ поръ наблюденія надъ пятнами производились болѣе или менѣе непрерывно, но только въ послѣднія 30 лѣтъ они велись правильно и усердно. Вскорѣ нашли, что пятна представляютъ явленія преходящія и по своей природѣ подобны облакамъ. Интересъ къ нимъ поэтому ослабѣлъ, пока не признали ихъ соотношенія со строеніемъ солнца.

Хорошо образованное солнечное пятно состоитъ, вообще, изъ двухъ частей: очень темная, неправильная центральная часть, называемая тѣнью, окружена каймой, такъ называемою полутѣнью, менѣе темною и по большей части состоящею изъ волоконъ, направленныхъ по радіусамъ къ центру. При обыкновенныхъ условіяхъ наблюденія общая картина такова, какъ если-бы тѣнь была отверстіемъ, волокна-же полутѣни свѣшивались и отчасти заслоняли его отъ нашего взора, какъ кустарникъ, нависшій надъ входомъ въ пещеру. Я говорю какъ если-бы; весьма возможно, что такъ оно и есть, что центральная часть есть дѣйствительная впадина, наполненная менѣе свѣтящимся веществомъ и лежащая ниже общаго уровня фотосферы, между тѣмъ какъ полутѣнь выдается надъ краемъ.



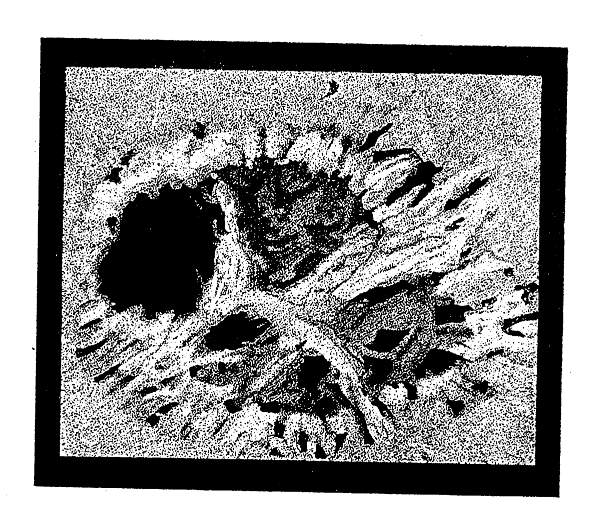
55. **Солнечное пятно**, наблюдавшееся Секки 16 іюля 1866 года.

Рисунокъ 55, взятый у Секки, прекрасно изображаетъ такое пятно; его можно сравнить съ фотографическими снимками Жансена, показывающими почти тѣ же самыя особенности, хотя съ меньшими подробностями. Рисунки Нэсмиса и Ланглея **) показываютъ гораздо больше подробностей, чѣмъ обыкновенно удается видѣть; они менѣе удовлетворительно изображаютъ ту картину, которая, по всей вѣроятности, представится при первомъ наблюденіи солнца. Многіе пункты привлекаютъ вниманіе сразу. Прежде всего, почти круглая форма пятна; это—обычная форма въ теченіе средней жизни одного изъ этихъ предметовъ. Когда пятно образуется и когда оно близко къ исчезновенію, его очертанія обыкновенно гораздо менѣе правильны.

*) Шейнеръ далъ своей книгѣ это названіе потому, что посвятилъ ее герцогу Паоло Джіордано II изъ дома Орсини.

**) Смотри страницы 73—75.

Должно также замѣтить, что тутъ нѣтъ ничего похожаго на постепенный переходъ отъ тѣни къ полутѣни или отъ полутѣни къ окружающимъ частямъ фотосферы. Наоборотъ, раздѣляющая граница въ каждомъ случаѣ обозначена съ полной рѣзкостью: полутѣнь гораздо ярче у внутренняго края и темнѣе у наружнаго, такъ-что полутѣнь представляетъ рѣзкій контрастъ и съ тѣнью, и со смежными частями солнечной поверхности. Эта яркость внутренней полутѣни происходитъ повидимому отъ скопленія волоконъ полутѣни тамъ, гдѣ они выдаются надъ тѣнью. Далѣе можно наблюдать здѣсь общую противоположность между неправильностями въ очертаніяхъ внѣшняго и внутренняго краевъ полутѣни. Тамъ, гдѣ вещество полутѣни вдается угломъ въ тѣнь, по большей части ему соотвѣтствуетъ выступъ, обращенный наружу къ фотосферѣ, и обратно. Достойно также замѣчанія, что многія другія волокна полутѣни оканчиваются маленькими отдѣльными зернами свѣтящейся матеріи, что существуютъ затѣмъ нѣжные покровы (veils, voiles) изъ менѣе свѣтящагося вещества, которые кажутся плавающими надъ тѣнью; иногда они — розоваго цвѣта. На рисункѣ тѣнь кажется равномѣрно темною *). Но, если-бы мы дѣйствительно наблюдали предметъ 16 іюля 1866 года, когда рисунокъ былъ сдѣланъ, мы даже внутри тѣни нашли-бы изобиліе подробностей: тѣнь состоитъ изъ облачныхъ сильно свѣтящихся массъ; но онѣ кажутся темными вслѣдствіе контраста съ окружающими частями солнечной поверхности, которыя обладаютъ еще большею яркостью; это становится очевиднымъ, когда устраненъ свѣтъ отъ другихъ частей. Вѣроятно, мы были-бы въ состояніи различить между этими облаками одно или нѣсколько малыхъ круглыхъ пятенъ, впервые открытыхъ Даусомъ: они гораздо темнѣе,

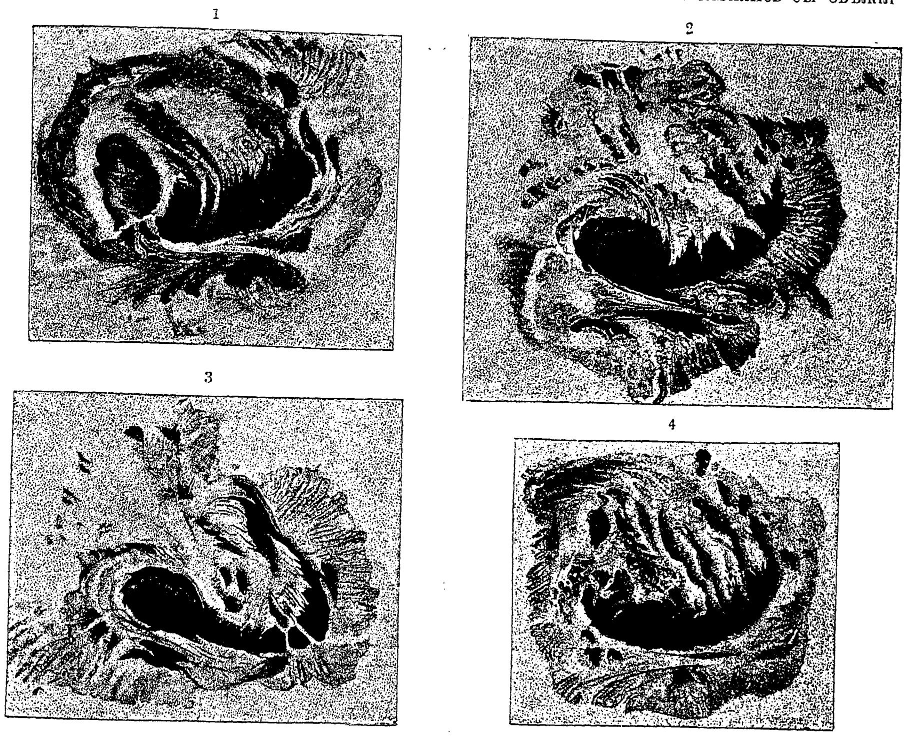


56. **Солнечное пятно**, наблюдавшееся Секки 23 сентября 1866 года.

*) Тѣнь кажется не черною, но темно-пурпуровою. Неизвѣстно еще, дѣйствительный-ли это цвѣтъ, или его можно объяснить вторичнымъ спектромъ въ объективѣ телескопа. Подобное предположеніе возможно потому, что при прохожденіяхъ Меркурія или Венеры дискъ планеты представлялъ какъ разъ эту самую окраску. Между тѣмъ нѣтъ никакой мыслимой причины, почему бы диску планеты не быть чернымъ. По оптическимъ же соображеніямъ, обыкновенный объективъ необходимо долженъ давать пурпуровую кайму, которая направляется внутрь чернаго пятна, помѣщеннаго на бѣломъ фонѣ.

чѣмъ остальныя части тѣни; у нихъ видъ трубчатыхъ отверстій, проникающихъ до неизвѣстной глубины.

Если-бы мы могли продолжать наблюденіе въ теченіе нѣкотораго времени, мы видѣли-бы непрерывное измѣненіе подробностей. Слабый слой наложенныхъ перистыхъ облаковъ (cirrus), вѣроятно, разсѣялся-бы и былъ-бы замѣщенъ другими, нѣсколько иначе расположенными. Яркія гранулы у краевъ волоконъ полутѣни казались-бы погрузившимися и растворившимися; на ихъ мѣстѣ появились-бы свѣжія



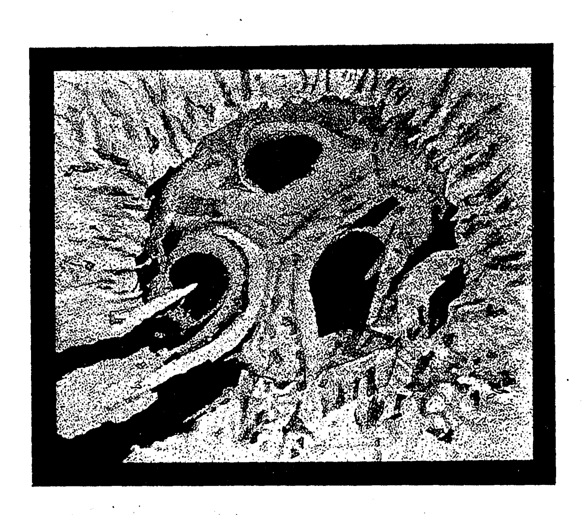
57—60. **Измѣненія пятна,**
наблюдавшіяся Море въ февралѣ 1864 года: 1) 20 февр.; 2) 21 февр.; 3) 22 февр.; 4) 23 февр.

части. Мы замѣтили-бы непрерывный притокъ свѣтящейся матеріи по всему протяженію полутѣни. Почти навѣрное, пятно вполнѣ замѣтнымъ образомъ измѣняло бы свою форму и величину со дня на день, а иногда даже съ часа на часъ. Разумѣется, мы нашли-бы, что пятно постоянно движется по солнечному диску съ востока къ западу. Приблизившись ко краю диска, пятно показалось-бы намъ эллиптическимъ. Полутѣнь на краю пятна, ближайшемъ къ центру солнца, сдѣлалась-бы при этомъ уже и, можетъ быть, исчезла бы совершенно. Наконецъ, пятно, кажущееся простою линіей тѣни, но, вѣроятно, окруженное вѣнцомъ факеловъ, пропало-бы изъ виду позади солнечнаго края; возможно, что чрезъ двѣ недѣли оно снова появилось бы на восточномъ краю. Я говорю: „возможно“: часто бываетъ, что эти

недолговѣчныя образованія показываются лишь однажды, что ихъ существованіе длится менѣе одного солнечнаго оборота.

Среднюю жизнь солнечнаго пятна можно считать въ два—три мѣсяца. Самое долговѣчное пятно, записанное до сихъ поръ, наблюдалось въ 1840 и 1841 годахъ: оно существовало 18 мѣсяцевъ. Бываютъ однако случаи, когда за исчезновеніемъ пятна очень быстро слѣдуетъ появленіе другого пятна въ той же самой точкѣ; иногда это поочередное исчезновеніе и появленіе повторяются нѣсколько разъ. Въ то время какъ иныя пятна живутъ такъ долго, другія существуютъ лишь одинъ—два дня, иногда-же только нѣсколько часовъ.

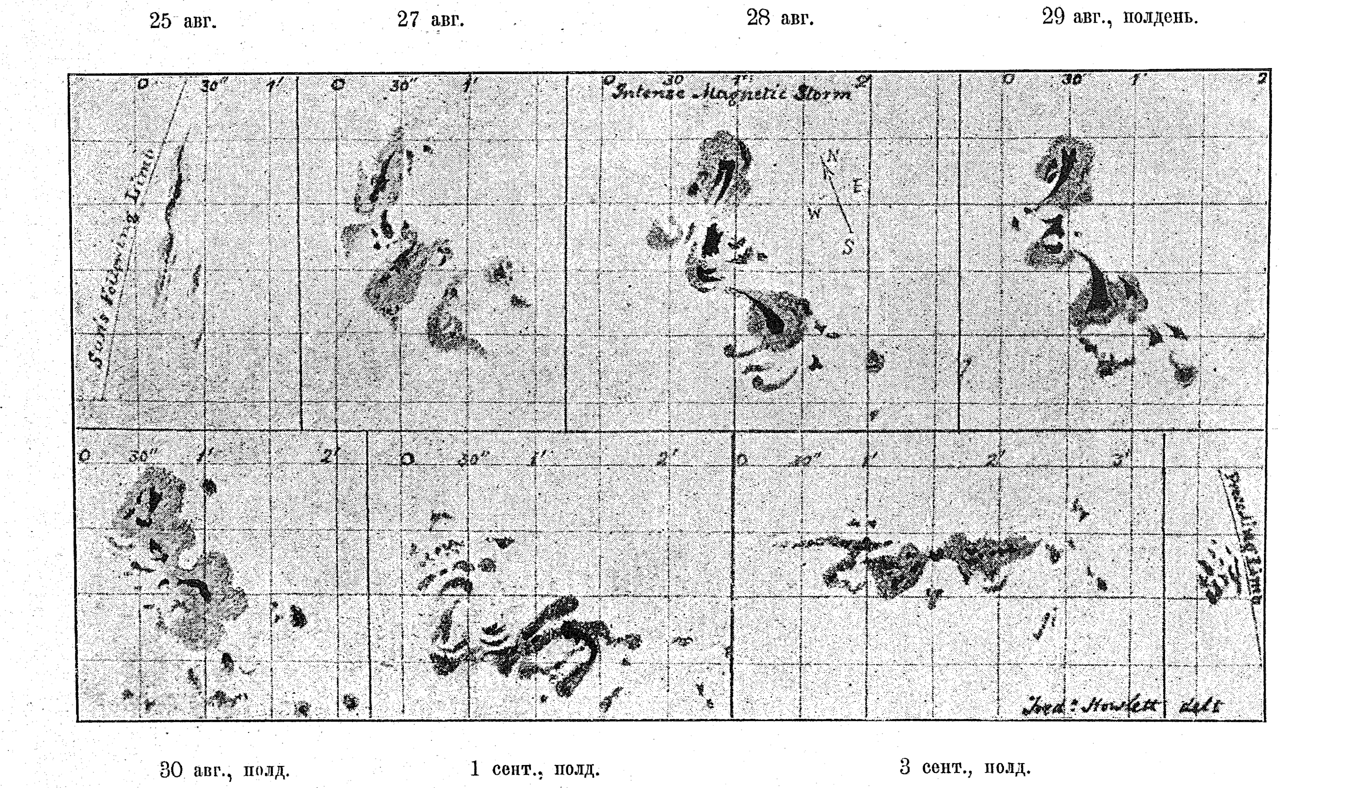
1. 

2. 

61—62. **Измѣненія пятна**, наблюдавшіяся Секки въ февралѣ 1866 года: 1) въ серединѣ февраля; 2) черезъ нѣсколько дней, 17 февраля.

Пятна обыкновенно появляются не одиночно, а группами; по крайней мѣрѣ, изолированныя пятна извѣстной величины менѣе часты, чѣмъ группы. Очень часто большое пятно сопровождается на восточной сторонѣ рядомъ меньшихъ пятенъ. Въ такомъ случаѣ многія изъ нихъ представляютъ крайне несовершенное строеніе: иногда у нихъ нѣтъ никакой тѣни; часто полутѣнь бываетъ только на одной сторонѣ; обыкновенно они неправильной формы. Достойно замѣчанія одно обстоятельство: когда главное пятно данной группы подвергается въ своей формѣ или строеніи значительной перемѣнѣ, наблюдателю кажется, что оно устремляется по солнечной поверхности впередъ (къ западу), оставляя своихъ спутниковъ тащиться сзади. Часто случается, что большое пятно распа-

25 авг. 27 авг. 28 авг. 29 авг., полдень.



30 авг., полд. 1 сент., полд. 3 сент., полд.

63. **Группа пятенъ, наблюдавшаяся Кэррингтономъ и Ходгсономъ въ концѣ авг. и началѣ сентября 1859 года**

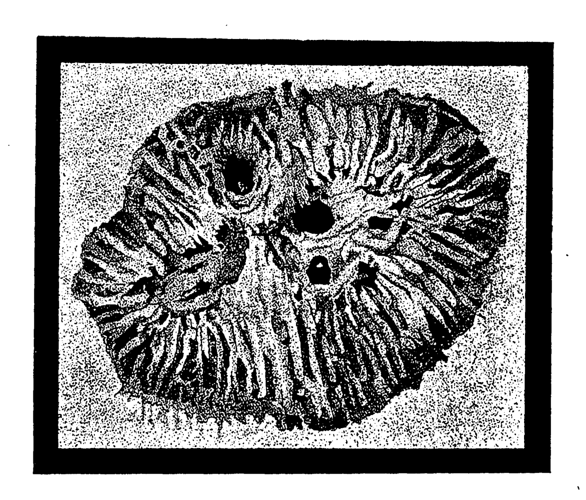
дается на два или болѣе; обыкновенно эти части повидимому отталкиваются одна отъ другой и продолжаютъ расходиться съ большою скоростью,—большою, если выразить ее въ километрахъ; но при наблюденіи въ телескопъ движеніе, конечно, кажется очень медленнымъ, потому что даже при очень сильномъ увеличеніи на солнечной поверхности можно видѣть лишь перемѣщеніе не менѣе, какъ на 300 километровъ. Скорости въ 500 или 600 километровъ въ часъ наблюдаются постоянно; скорости въ 1600 и даже болѣе километровъ никоимъ образомъ не составляютъ исключенія.

По временамъ, хотя очень рѣдко, въ связи съ пятнами наблюдается явленіе самаго поразительнаго и страннаго характера: вдругъ выступаютъ мѣста напряженной яркости; они остаются видимыми въ теченіе нѣсколькихъ минутъ, перемѣщаясь во время своего существованія со скоростью до 160 километровъ въ секунду.

Одинъ изъ этихъ случаевъ сдѣлался классическимъ. Онъ имѣлъ мѣсто утромъ (гринвичское время) 1 сентября 1859 года и наблюдался двумя хорошо извѣстными и надежными изслѣдователями Кэррингтономъ и Ходгсономъ, отчеты которыхъ можно найти въ „Monthly Notices of the Royal Astronomical Society“ за ноябрь мѣсяцъ 1859 года. Каждый изъ нихъ изслѣдовалъ явленіе независимо отъ другого. Кэррингтонъ дѣлалъ въ это время свои обычныя ежедневныя наблюденія надъ положеніемъ, конфигураціей и величиной пятенъ, получая изображеніе солнечнаго диска на экранѣ; имъ доставленъ восьмилѣтній рядъ наблюденій, которыя лежатъ въ основаніи столь значительной части современной науки о солнцѣ. Ходгсонъ, находившійся на разстояніи многихъ километровъ отъ Кэррингтона, зарисовывалъ въ это самое время подробности строенія солнечныхъ пятенъ съ помощью солнечнаго окуляра и темнаго стекла. Оба ученыхъ одновременно увидѣли два свѣтящихся предмета, очень похожихъ на луну около времени новолунія; каждый изъ этихъ предметовъ имѣлъ около 13 тысячъ километровъ въ длину и 3 тысячъ километровъ въ ширину; ихъ раздѣляло разстояніе около 19 тысячъ километровъ. Они внезапно показались на краю большого пятна; ихъ блескъ, по меньшей мѣрѣ, въ пять или шесть разъ превосходилъ яркость сосѣднихъ частей фотосферы. Оба предмета двигались надъ пятномъ къ востоку по параллельнымъ линіямъ; при этомъ они уменьшались и блѣднѣли, пока черезъ пять минутъ не исчезли окончательно, пройдя путь не меньше 58 тысячъ километровъ. Ихъ появленіе повидимому ни въ какомъ отношеніи не измѣнило конфигураціи пятна, по которому они прошли. Кэррингтонъ закончилъ свой рисунокъ пятна какъ разъ предъ самымъ ихъ появленіемъ; когда они исчезли, рисунокъ все еще оставался вполнѣ правильнымъ. Конечно, возможно подвергнуть сомнѣнію связь между этимъ явленіемъ и пятномъ, близъ котораго оно произошло. Но послѣ того довольно сходныя явленія были замѣчены и другими наблюдателями—и всегда по сосѣдству съ пятнами; вѣроятно, въ этомъ случаѣ существуетъ какая то связь. Что касается ихъ объясненія, мнѣнія сильно расходятся. Одни держались той мысли, что явленіе это произошло просто отъ паденія въ солнечную атмосферу пары огромныхъ метеоровъ; другіе полагали, что причина—какой-нибудь внезапный и могучій взрывъ снизу, подобный тѣмъ взрывамъ, которые часто обнаруживаетъ спектроскопъ. Однако этотъ взрывъ долженъ былъ обладать необычайной силой и блескомъ, потому что ни одинъ взрывъ, наблюдавшійся, благодаря спектроскопу, не былъ виденъ безъ его помощи.

Описанное явленіе случилось во время замѣчательной магнитной бури: съ 28 августа до 4 сентября каждую ночь на всемъ земномъ шарѣ сверкали полярныя сіянія, и земные токи часто становились настолько сильными, что значительно препятствовали телеграфному сообщенію. Въ ночь 1 сентября, какъ позже на основаніи своихъ записей показалъ Эллисъ, магнитное возмущеніе было однако не особенно сильнымъ; поэтому возможно, что явленіе, наблюдавшееся Кэррингтономъ и Ходгсономъ, не было причиной магнитной бури; болѣе правдоподобно, что оно было слѣдствіемъ, если здѣсь была какая-нибудь связь.

Образованіе солнечнаго пятна не подчинено никакому правильному закону. Иногда оно идетъ постепенно, требуя нѣсколькихъ дней или даже недѣль для полнаго своего развитія, иногда-же достаточно одного дня. Вообще, за нѣсколько времени до появленія пятна становится замѣтнымъ возмущеніе солнечной поверхности; особенно о немъ свидѣтельствуетъ присутствіе многочисленныхъ и блестящихъ факеловъ *), между которыми разсѣяны „поры“ или очень мелкія черныя точки. Эти точки увеличиваются; среди нихъ появляются сѣроватыя мѣста; повидимому ихъ производитъ темная масса, покрытая тонкимъ слоемъ свѣтящихся волоконъ. Покровъ постепенно дѣлается тоньше, затѣмъ, наконецъ, исчезаетъ, оставляя намъ полное пятно съ его совершенною полутѣнью. Нѣкоторыя изъ поръ соединяются съ главнымъ пятномъ, нѣкоторыя пропадаютъ, иныя-же становятся спутниками главнаго пятна. Какъ только пятно вполнѣ образовалось, оно принимаетъ обыкновенно приблизительно круглую форму и остается безъ кидающихся въ глаза перемѣнъ до своего распаденія. Когда жизнь пятна приближается къ концу, окружающая фотосфера повидимому врывается внутрь пятна, покрываетъ и поглощаетъ полутѣнь. Черезъ тѣнь перекидываются свѣтлые мосты; часто ихъ блескъ во много разъ превосходитъ среднюю яркость солнечной поверхности; расположеніе волоконъ полутѣни становится спутаннымъ. По выраженію Секки, получается впечатлѣніе, какъ будто свѣтящееся вещество фотосферы безпорядочно падаетъ въ бездну, исчезающую и оставляющую за собой возмущенную поверхность съ факелами, которые, въ свою очередь, чрезъ нѣсколько времени тухнутъ. Какъ сказано ранѣе, довольно



64. **Вторженіе потоковъ фотосфернаго вещества внутрь пятна.**
По Секки.

*) Это взглядъ Секки; Локіеръ стоитъ за то, что пятна появляются раньше факеловъ.

часто бываетъ, что чрезъ нѣсколько дней это волненіе возобновляется въ томъ-же самомъ мѣстѣ; появляется свѣжее пятно какъ разъ тамъ, гдѣ исчезло старое пятно.

Я позволю себѣ выписать изъ мемуара покойнаго Петерса изъ Гамильтонскаго Колледжа весьма живое описаніе появленія и разрушенія нѣкоторыхъ солнечныхъ пятенъ, основанное на его наблюденіяхъ въ Неаполѣ въ 1845—46 годахъ. Записка Петерса напечатана въ IX томѣ „Proceedings of the American Association for the Advancement of Science". Онъ говоритъ:

„Пятна образуются изъ незамѣтныхъ точекъ, такъ что нельзя уловить точный моментъ ихъ возникновенія; вначалѣ они ростутъ очень быстро и почти всегда меньше, чѣмъ въ день, достигаютъ наибольшей величины. Тогда они постоянны; я назвалъ-бы это время эпохой силы въ ихъ жизни; тогда у нихъ бываетъ хорошо опредѣленная полутѣнь правильной и довольно простой формы. Въ такомъ состояніи они держатся въ теченіе десяти, двадцати и даже иногда пятидесяти дней. Потомъ выемки края, которыя при сильномъ увеличеніи всегда кажутся довольно зазубренными, дѣлаются глубже; наконецъ, полутѣнь прерывается въ нѣкоторыхъ частяхъ прямыми и узкими свѣтящимися полосами. Періодъ упадка уже близокъ. Этотъ періодъ начинается слѣдующимъ въ высокой мѣрѣ интереснымъ явленіемъ. Двѣ выемки, противоположныя одна другой, вдаются внутрь площади пятна, покрывая даже часть ядра; внезапно изъ ихъ оконечностей вырываются молніи, которыя встрѣчаются на пути, на мигъ соединяются, затѣмъ снова раздѣляются и возвращаются каждая въ свою исходную точку. Вскорѣ эта электрическая игра начинается снова; она длится въ теченіе нѣсколькихъ минутъ, оканчиваясь тѣмъ, что обѣ выемки соединяются; такъ происходитъ мостъ, который раздѣляетъ пятно на двѣ части. Только однажды я имѣлъ счастіе наблюдать это явленіе между тремя выдающимися точками. Отъ точки A сіяніе направилось къ точкѣ B, испустившей лучъ для встрѣчи съ первымъ, когда тотъ подошелъ очень близко. Вскорѣ первый лучъ оказался какъ будто насыщеннымъ и былъ внезапно отброшенъ; однако онъ не вернулся назадъ, но рѣзкимъ движеніемъ отклонился къ C; потомъ снова, тѣмъ же самымъ образомъ, какъ будто вслѣдствіе отталкиванія и притяженія, вернулся къ B; сдѣлавши нѣсколько такихъ размаховъ, точка A, въ концѣ концовъ, соединилась съ точкою B. Молніи слѣдовали съ большою быстротой, но всетаки глазъ могъ отчетливо слѣдить за ними. Принимая во вниманіе время и величину пройденнаго пространства, можно найти, по крайней мѣрѣ, нижній предѣлъ скорости. По моимъ вычисленіямъ, она равна, по крайней мѣрѣ, 200 милліонамъ метровъ въ секунду (sic).

„Описанное явленіе происходило въ верхней области фотосферы и повидимому нисколько не вліяло на нижнюю или темную атмосферу. Съ этого явленія начался второй или, скорѣе, третій періодъ въ жизни пятна,—періодъ разложенія, который продолжается иногда десять или двадцать дней. Въ теченіе этого времени составныя части опять подвергаются дѣленію, тогда какъ другія части свѣтящагося края сжимаютъ, уменьшаютъ и, въ концѣ концовъ, поглощаютъ все, прекращая такимъ образомъ эфемерное существованіе пятна.

„Нуженъ счастливый случай, чтобы наблюдать замѣчательное явленіе, которымъ начинается процессъ покрытія, потому что оно совершается въ нѣсколько минутъ. Кромѣ того, требуется совершенно тихая атмосфера: иначе можно смѣшать явленіе

съ мерцаніемъ, очень часто замѣчаемымъ въ пятнахъ, особенно, если глаза утомлены. Наблюдатель долженъ выжидать это явленіе при обстоятельствахъ, благопріятныхъ во всѣхъ отношеніяхъ, когда въ большомъ пятнѣ 10 или 20-дневнаго возраста появятся на краю сильные зубцы".

Насколько мы знаемъ, Петерсъ—единственный наблюдатель, описавшій замѣчательное явленіе сіяній, прорѣзающихъ тѣнь съ быстротой электричества. По этой причинѣ, а также потому, что его инструментъ былъ не особенно силенъ, — такъ какъ это былъ $3^1/_2$ дюймовый рефракторъ,—его отчетъ до дальнѣйшаго подтвержденія нужно принимать, пожалуй, съ нѣкоторою сдержанностью. Въ то же время ни въ природѣ солнца, ни въ природѣ солнечнаго пятна, насколько въ настоящее время они намъ извѣстны, нѣтъ ничего, что дѣлало бы это описаніе само по себѣ неправдоподобнымъ; благодаря проницательности и тщательности наблюденій и описаній, Петерсъ, конечно, по заслугамъ занимаетъ почетное мѣсто между астрономами.

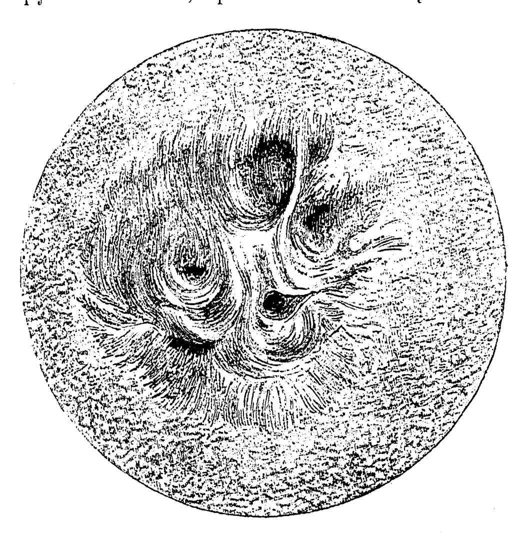


65. Пятно,
наблюдавшееся Ланглеемъ 5 и 6 марта 1873 года.

Не должно думать, что исторія жизни пятна, только-что набросанная нами, приложима ко всѣмъ или даже съ достаточною вѣрностью къ большинству пятенъ. Почти каждое пятно представляетъ свои особенности и въ томъ или иномъ отношеніи отступаетъ отъ обычнаго хода вещей. У пятенъ необычайной величины и дѣятельности повидимому часто не бываетъ средняго спокойнаго періода жизни. Въ ихъ исторіи нѣтъ времени, когда-бъ они не дѣлали чего-нибудь удивительнаго, болѣе или менѣе новаго.

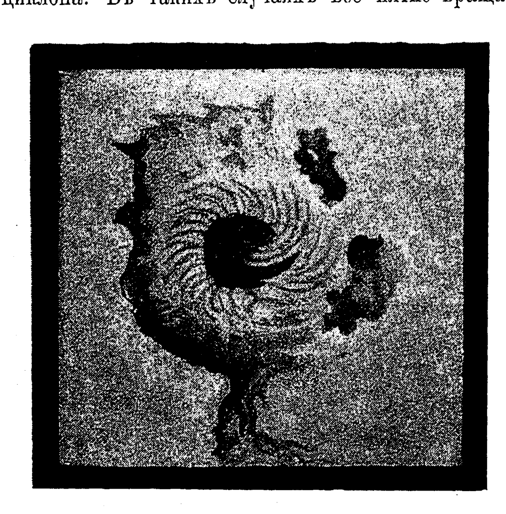
Мы говорили, что волокна, составляющія полутѣнь, направлены внутрь, къ центру пятна. Таково общее правило, но исключенія многочисленны; до какой степени велики бываютъ отступленія отъ этого закона, — лучше всего покажетъ тонкій рисунокъ профессора Ланглея (рис. 42). Передъ нами большое пятно, которое, при всей „типичности", не относится къ числу спокойныхъ пятенъ; въ то время, какъ въ лѣвой и верхней частяхъ его волокна представляютъ обычный видъ, на нижнемъ краю и въ большой нависшей вѣтви они расположены крайне различно. Весьма любопытна и рѣдка также перистая кисть, которая тянется подъ „вѣтвью" и столь живо напоминаетъ кристаллы инея, образующіеся на оконномъ стеклѣ въ зимнее утро. Въ двухъ или трехъ случаяхъ мы сами наблюдали подобное явленіе. Въ чемъ причина такихъ образованій, совершенно невозможно рѣшить въ настоящее время. Вѣроятно, аналогіи, основанныя на изученіи земныхъ облаковъ, доставятъ объясненіе, болѣе удачное, чѣмъ всѣ до сихъ поръ предложенныя.

Обыкновенно волокна полутѣни всего ярче у внутренняго конца, гдѣ они проэктируются на тѣни; при обыкновенныхъ условіяхъ наблюденія конецъ кажется тупымъ и даже шаровиднымъ. Съ большимъ 23-дюймовымъ Принстонскимъ телескопомъ въ тѣхъ немногихъ случаяхъ, когда изображенія были достаточно хороши, чтобы позволить увеличеніе въ 600 разъ и выше, авторъ нашелъ, что концы волоконъ полутѣни, имѣвшіе видъ луковицъ, на самомъ дѣлѣ, часто были тонкими остроконечными крючками; они напоминали извилистые языки пламени или склонившіеся стебли травы. Если обыкновенно они кажутся шаровидными, это объясняется просто ихъ яркостью и дѣйствіемъ иррадіаціи и диффракціи въ объективахъ умѣренной величины.



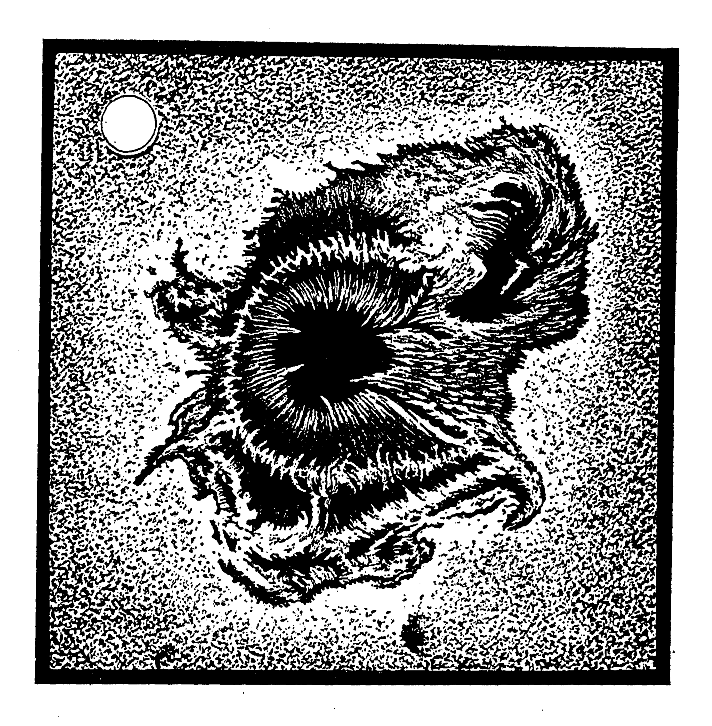
66. **Пятно**, наблюдавшееся Ланглеемъ 31 марта 1875 г.

Довольно часто волокна полутѣни искривлены и расположены спиралями; это ясно указываетъ на дѣйствіе циклона. Въ такихъ случаяхъ все пятно вращается обыкновенно медленно; полный оборотъ заканчивается иногда въ нѣсколько дней. Чаще однако движеніе по спирали бываетъ кратковременнымъ; случается, что сначала въ теченіе нѣкотораго времени движеніе совершается въ одномъ направленіи, затѣмъ въ противоположномъ; у пятенъ значительной величины въ различныхъ частяхъ тѣни, весьма часто наблюдаются спиральныя движенія въ противоположныхъ направленіяхъ; это скорѣе правило, чѣмъ исключеніе. Сосѣднія пятна не обнаруживаютъ никакого стремленія къ вращенію въ томъ же направленіи. Число пятенъ, у которыхъ отчетливо обозначается вихревое движеніе, относительно ничтожно. По наблюденіямъ Кэррингтона и Секки, оно не превышаетъ 2%—3% общаго числа. Конечно, этихъ фактовъ достаточно, чтобы сдѣлать выводъ:



67. **Пятно со спиральными складками**, наблюдавшееся Секки 5 мая 1854 г.

когда наблюдается этотъ родъ движенія, его нельзя приписывать какой-нибудь причинѣ, подобной дѣйствію земной атмосферы, опредѣляющему правое и лѣвое вращеніе нашихъ большихъ ураганов въ южномъ и сѣверномъ полушаріяхъ. Вѣроятно, онъ объясняется чисто случайными обстоятельствами, благодаря которымъ движенія полутѣни становятся вращеніемъ незначительной скорости и безъ опредѣленнаго направленія. Найти въ этомъ случайномъ вихревомъ движеніи ключъ и объясненіе всего ряда явленій въ солнечномъ пятнѣ, какъ это пытается сдѣлать Фай, не представляется возможнымъ.



68. **Пятно,**
наблюдавшееся Таккини 14 окт. 1883 года. Можно было видѣть простымъ глазомъ. Бѣлый кружокъ въ верхнемъ лѣвомъ углу рисунка показываетъ величину земли.

Размѣры солнечныхъ пятенъ иногда огромны. Много разъ наблюдались группы, покрывавшія площади болѣе 160 000 квадратныхъ километровъ. Случалось, что діаметръ отдѣльнаго пятна достигалъ 60 или 80 тысячъ километровъ, и одна только центральная тѣнь имѣла въ ширину 40 или 50 тысячъ километровъ. Однако пятно, простирающееся по всѣмъ направленіямъ на 50 000 километровъ, должно считать скорѣе большимъ, чѣмъ малымъ.

Предметъ такой величины легко различить безъ трубы, когда блескъ солнца уменьшенъ либо облаками, либо вслѣдствіе близости къ горизонту, либо посредствомъ темнаго стекла. При прохожденіи Венеры въ 1882 году каждый могъ видѣть планету безъ помощи телескопа. Ея видимый діаметръ былъ въ это время около 67″;

на солнечной поверхности это составитъ приблизительно 50 000 километровъ. Вѣроятно, очень зоркій глазъ открылъ бы пятно, имѣющее не больше 37 или 38 тысячъ километровъ.

Когда пятенъ много, не проходитъ года, чтобы не явилось нѣсколько пятенъ такого размѣра. Поэтому весьма удивительно, что отъ вѣковъ, предшествовавшихъ изобрѣтенію телескопа, не осталось большаго числа записей относительно солнечныхъ пятенъ. Объясняется это, вѣроятно, двумя обстоятельствами: солнце настолько ярко, что трудно смотрѣть на него; если-же и замѣчались пятна, ихъ принимали, по всей вѣроятности, скорѣе за оптическія иллюзіи, чѣмъ за дѣйствительные предметы.

Въ 1871 и 1872 годахъ можно было невооруженнымъ глазомъ видѣть пятна въ теченіе значительной части ихъ существованія. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ ученики автора замѣчали пятна сами, безъ всякаго предупрежденія.

Самое большое пятно, какое только было когда-либо отмѣчено, наблюдалось въ 1858 году. Оно имѣло болѣе 230 000 километровъ въ ширину; слѣдовательно, его діаметръ былъ почти въ 18 разъ больше земного; пятно покрывало около $^1/_{36}$ всей поверхности солнца. Другія весьма большія пятна появлялись въ 1892 и 1893 годахъ.

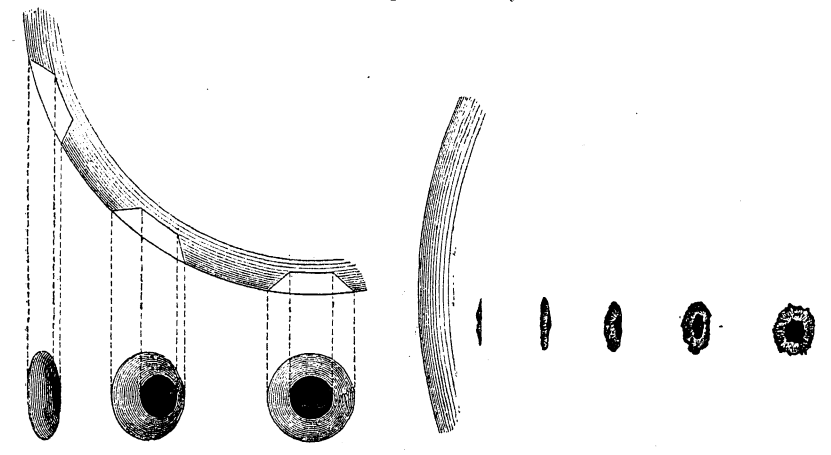
Рисунокъ 68, взятый, съ позволенія издателя, изъ „Astronomie Populaire“ Фламмаріона, представляетъ весьма большое и интересное пятно, которое появилось въ октябрѣ 1883 года. Рисунокъ сдѣланъ по Таккини: Spettros. Ital., Vol. XIII.

Природа пятенъ.

Уже было указано, что пятна представляютъ углубленія на общемъ уровнѣ солнечной поверхности. Этотъ взглядъ господствовалъ въ теченіе ста слишкомъ лѣтъ; вѣроятно, онъ правиленъ. Въ то же время едва-ли можно считать его абсолютно установленнымъ: еще недавно высокими авторитетами было выражено сомнѣніе; споры до сихъ поръ не прекратились. Въ декабрѣ 1894 года Хоулетъ, производившій тщательныя наблюденія въ теченіе 30 слишкомъ лѣтъ, представилъ Королевскому Астрономическому Обществу въ Лондонѣ всѣ свои рисунки солнечныхъ пятенъ; число ихъ достигаетъ нѣсколькихъ тысячъ, они обнимаютъ полный періодъ времени съ 1859 по 1893 годъ. Хоулетъ воспользовался этимъ случаемъ и самымъ опредѣленнымъ образомъ выразилъ мнѣніе, что факты противорѣчатъ общепринятой теоріи, разсматривающей пятна, какъ „впадины“. Его мнѣніе встрѣтило поддержку многихъ хорошихъ наблюдателей, которые выставили на видъ, что, если бы пятна дѣйствительно были впадинами, глубина ихъ сравнительно съ діаметромъ была бы незначительной.

Мысль, что пятна—углубленія, впервые ясно высказана Уильсономъ въ Глазго въ 1769 году. Его доказательство основано на наблюденіи полутѣни пятна въ ноябрѣ этого года. Уильсонъ нашелъ слѣдующее. Когда пятно только-только появилось на восточномъ краю солнца, полутѣнь была хорошо обозначена на сторонѣ пятна, ближайшей ко краю диска; на другомъ-же краю пятна, ближайшемъ къ центру, полутѣни совсѣмъ не было видно, и самая тѣнь была почти закрыта, какъ будто лежала позади вала. Прошли сутки, пятно передвинулось къ центру диска; тогда показалась вся тѣнь; кромѣ того, на внутреннемъ краю пятна сдѣлалась замѣтной полутѣнь: она имѣла видъ узкой линіи. Пятно еще болѣе подвинулось впередъ

по солнечному диску; тогда полутѣнь пріобрѣла одинаковую ширину вокругъ всего пятна. Но когда пятно приблизилось къ западному краю солнца, повторились тѣ же самыя явленія, какъ на восточномъ краю: полутѣнь на внутреннемъ краю пятна сузилась гораздо быстрѣе, чѣмъ на внѣшнемъ краю, затѣмъ исчезла цѣликомъ, и, наконецъ, повидимому заслонила большую часть тѣни почти за день до того, какъ пятно скрылось за краемъ солнца. Едва ли необходимо разъяснять то, что становится очевиднымъ при взглядѣ на рисунокъ; такъ именно и происходило бы дѣло, если бы пятно представляло впадину на солнечной поверхности въ формѣ воронки; дно воронки соотвѣтствуетъ тѣни, стѣнки воронки—полутѣни.



69. **Измѣненіе формы полутѣни при вращеніи солнца.**
Лѣвая часть рисунка поясняетъ причину измѣненія.

Наблюденіе одного только пятна едва ли рѣшило бы вопросъ, потому что мы часто имѣемъ пятна съ полутѣнью на одной только сторонѣ. Въ дѣйствительности, когда пятно переживаетъ процессъ образованія или разложенія, ширина полутѣни рѣдко бываетъ одинаковой по всей окружности. Поэтому нѣсколько лѣтъ тому назадъ Делярю, Стюартъ и Леви тщательно изслѣдовали болѣе 600 пятенъ съ измѣримою полутѣнью; они нашли, что болѣе, чѣмъ въ 75 случаяхъ на сто полутѣнь имѣла наибольшую ширину на краѣ пятна, ближайшемъ къ солнечному краю, какъ этого и требуетъ теорія Уильсона; въ 12 слишкомъ случаяхъ на сто не было никакой замѣтной разницы; въ остальныхъ 12% полутѣнь была наибольшей ширины на внутреннемъ краѣ. Съ другой стороны, патеръ Сидгривсъ, продолжая изслѣдованія, начатыя Хоулетомъ, получилъ изъ рисунковъ солнечныхъ пятенъ въ Стонихерстской обсерваторіи противоположное рѣшеніе. Изъ 187 рисунковъ, которые онъ выбралъ, какъ прекрасныя доказательства теоріи Уильсона, только 47 были въ ея пользу; 140 были противъ нея. Но мы предполагаемъ, что въ число рисунковъ „противорѣчащихъ“ теоріи Уильсона онъ включилъ всѣ тѣ, на которыхъ пониженіе не было замѣтно отчетливо.

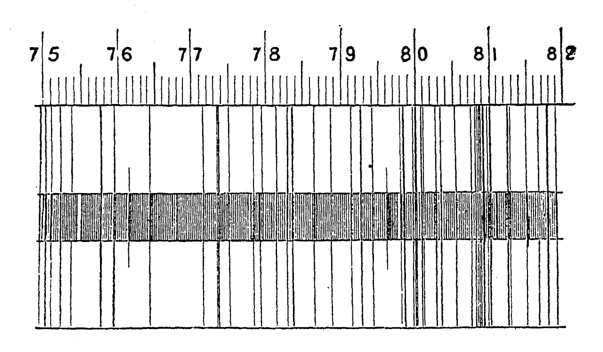
Другіе, особенно Секки, изслѣдовали предметъ, тщательно изо дня въ день измѣряя положеніе на солнечномъ дискѣ нѣкоторыхъ избранныхъ точекъ, относя-

щихся къ тѣни пятна. Это—работа нелегкая и довольно неблагодарная: перемѣны происходятъ быстро; поэтому весьма трудно установить тожество точекъ сравненія въ послѣдовательныхъ наблюденіяхъ. Однако результатъ является рѣшающимъ: установлено, какъ обыкновенное правило, что, сравнительно съ общимъ уровнемъ фотосферы, такъ называемый „полъ“ (или дно) тѣни пониженъ на 3—10 тысячъ километровъ, а иногда и больше. Но рефракція солнечной атмосферы дѣлаетъ результатъ ненадежнымъ.

Въ немногихъ случаяхъ, когда пятно необычайной величины и глубины проходитъ по краю солнца, на контурѣ наблюдается отчетливое пониженіе. Кассини описываетъ такой случай, относящійся къ 1719 году. Гершель, Делярю, Секки и другіе дали нѣсколько другихъ наблюденій въ томъ же родѣ. Обыкновенно однако факелы, окружающіе пятно, совершенно скрываютъ этотъ эффектъ; часто-же, вмѣсто ожидаемаго пониженія, приходится наблюдать множество выступающихъ холмиковъ или кочекъ.

Спектръ солнечныхъ пятенъ.

Спектръ солнечнаго пятна доставляетъ аргументъ въ томъ же направленіи: изъ него видно, что темная часть пятна есть полость, наполненная газами и парами. Эти то газы и пары и производятъ,—по крайней мѣрѣ, отчасти—помраченіе, поглощая свѣтъ, испускаемый дномъ впадины. Нетрудно поставить инструментъ такимъ образомъ, чтобы изображеніе солнечнаго пятна пришлось какъ разъ на щель спектроскопа. Въ этомъ случаѣ мы увидимъ, что спектръ пересѣкается продольною темною полосой.

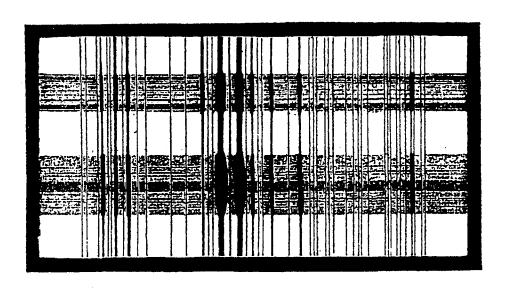


70. **Часть спектра солнечнаго пятна между C и D.**

Эта полоса—спектръ тѣни пятна: съ каждой стороны лежитъ спектръ полутѣни; обыкновенно онъ бываетъ лишь немного слабѣе спектра общей поверхности солнца. Ширина полосы зависитъ, конечно, отъ діаметра пятна. По всей длинѣ спектра пятна фонъ темный, указывающій на общее поглощеніе; въ верхней части спектра отъ F до H это все, что можно замѣтить. Однако средняя часть спектра при крайне сильной дисперсіи отличается въ этомъ отношеніи, какъ открылъ въ 1883 году авторъ, и съ этого времени многократно подтверждали Дюнеръ и другіе. У многихъ пятенъ, особенно у большихъ, почти круглыхъ и спокойныхъ, съ очень темнымъ ядромъ, спектръ ядра между E и F не сплошной, но состоитъ изъ безчисленныхъ тонкихъ, темныхъ линій, по большей части, касающихся и накрывающихъ одна другую; всетаки кой-гдѣ остаются незанятые промежутки, которые имѣютъ видъ яркихъ линій; можетъ быть, и въ самомъ

дѣлѣ это—яркія линіи. Каждая темная линія представляетъ форму веретена: въ серединѣ, гдѣ спектръ всего темнѣе, она—толще; съ обоихъ концовъ суживается въ тонкую, слабую, какъ волосокъ, черту. Много линій можно прослѣдить въ спектрѣ полутѣни и даже внѣ спектра пятна, на общей поверхности солнца. Среднее разстояніе между линіями почти вдвое меньше, чѣмъ разстояніе между двумя составляющими b_3, такъ что въ b группѣ общее число темныхъ линій доходитъ до 300; яркихъ-же линій 7 или 8. Это строеніе легче всего различить въ части спектра, помѣщенной между E и F; выше F линіи до того скучены, что трудно разрѣшить ихъ; ниже E онѣ кажутся болѣе широкими, расплывчатыми и блѣдными. Повидимому это показываетъ, что поглощеніе, помрачающее центръ солнечнаго пятна, вызывается не твердыми и не жидкими мельчайшими частицами,— не дымомъ или облакомъ: въ этомъ случаѣ спектръ былъ-бы непрерывнымъ. Напротивъ, это—типичное поглощеніе, производимое газомъ: отсюда спектръ съ безчисленнымъ множествомъ смежныхъ, темныхъ линій.

Нижняя часть спектра, особенно промежутокъ отъ C до D, полна интересныхъ подробностей и особенностей; ихъ слѣдуетъ изучать гораздо тщательнѣе и дольше, чѣмъ дѣлалось до сихъ поръ. Многія темныя линіи обыкновеннаго спектра нисколько не измѣнены въ спектрѣ пятна; такъ обстоитъ повидимому дѣло съ большинствомъ темныхъ линій. Съ другой стороны, нѣкоторыя темныя линіи значительно шире и темнѣе; другія-же, съ трудомъ видимыя въ обыкновенномъ спектрѣ, настолько рѣзки и черны, что становятся легко замѣтными. Эти линіи обыкновенно имѣютъ видъ веретена: онѣ гораздо шире въ центрѣ ядра, чѣмъ у его краевъ и въ полутѣни, такъ что ихъ часто называютъ „рыбьимъ животомъ“ (fish-belly). Нѣкоторыя линіи, рѣзкія въ обыкновенномъ спектрѣ, дѣлаются тоньше и почти исчезаютъ въ спектрѣ пятна; иныя временами даже обращены. Есть также значительное число яркихъ линій; правда, блескъ ихъ не великъ, но всетаки въ нихъ не легко ошибиться; бываютъ затѣмъ темныя тѣни своеобразнаго вида.



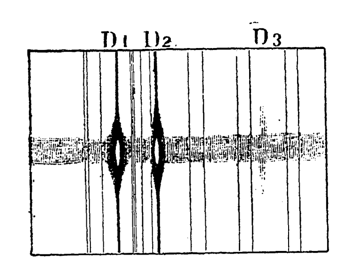
71. **Часть спектра двухъ смежныхъ пятенъ.**
По Секки.

Рисунокъ 70 представляетъ небольшую часть спектра пятна, наблюдавшагося авторомъ въ 1872 году; на немъ можно различить почти всѣ эти особенности. Изображенная часть лежитъ между C и D; приложенная шкала принадлежитъ картѣ Кирхгофа.

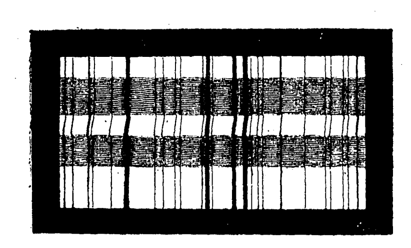
Если говорить вообще, особенно мѣняютъ видъ линіи водорода, желѣза, титана, кальція, натрія и ванадія. Линіи водорода часто обращены; линіи желѣза, титана, кальція и ванадія обыкновенно утолщены; линіи натрія часто значительно расширены; иногда-же и расширены, и обращены двоякимъ образомъ, какъ показано на рисункѣ 72, который изображаетъ ихъ видъ въ спектрѣ пятна, наблюдавшагося

22 сентября 1870 года. Должно замѣтить, что въ то же время D_3, линія гелія, обыкновенно невидимая на солнечной поверхности, отчетливо выдѣлялась, какъ темная тѣнь. Въ этомъ случаѣ съ линіями магнія было то же, что съ линіями натрія.

Какъ уже упомянуто выше (стр. 80), въ спектрѣ солнечнаго пятна полосы H и K постоянно обращены. Обыкновенно въ самомъ пятнѣ обращеніе только „одиночное“, но нерѣдко наблюдается и двойное. Локіеръ, сдѣлавшій длинный рядъ наблюденій, объявляетъ, что между спектрами пятенъ во время ихъ максимума и минимума замѣчается поразительная разница. Линіи, которыя, благодаря расширенію и темному цвѣту, представляются особенно замѣтными, далеко не однѣ и тѣ-же въ обоихъ указанныхъ случаяхъ. Самую замѣчательную перемѣну испытываютъ линіи желѣза: обыкновенно хорошо видныя, онѣ почти совсѣмъ пропадаютъ въ спектрѣ пятна во время максимума. По временамъ линіи спектра подвергаются искаженію и смѣщенію; это указываетъ на сильное движеніе въ выше лежащихъ газахъ. Это явленіе чаще наблюдается въ точкахъ, расположенныхъ близъ внѣшняго края полутѣни, чѣмъ въ центральной части пятна. Но случается, что вся сосѣдняя область сильно взволнована. Въ такихъ случаяхъ часто бываетъ, что линіи, лежащія въ спектрѣ рядомъ, измѣняются различнымъ образомъ: одна оказывается значительно смѣщенной, между тѣмъ сосѣдняя не подверглась никакимъ измѣненіямъ. Это обстоятельство показываетъ, что пары, которыми производятся линіи, лежатъ въ солнечной атмосферѣ на разныхъ уровняхъ, и что движенія одного слоя не передаются замѣтно другому.



72. **Обращеніе D — линій.**



73. **Часть спектра пятна со смѣщенными линіями.**

Пятно перерѣзано свѣтлымъ мостомъ. По одной сторонѣ его линіи передвинуты къ фіолетовому концу спектра, по другой—къ красному. Перемѣщеніе линій указываетъ на скорость 30—40 километровъ въ секунду. Наблюденіе сдѣлано Фогелемъ 6 мая 1874 года.

То же наблюдалось для линій, которыя приписываются одному и тому-же веществу: напримѣръ, изъ двухъ линій желѣза одна можетъ быть смѣщена, другая нѣтъ. Это обстоятельство представляетъ громадную важность. Локіеръ считаетъ его очень сильнымъ аргументомъ въ пользу своей гипотезы диссоціаціи; но другія объясненія также имѣютъ значеніе (см. стр. 63).

Въ немногихъ случаяхъ изверженія газовъ вблизи пятна столь могучи и блестящи, что съ помощью спектроскопа можно опредѣлить ихъ форму на фонѣ солнечной поверхности совершенно такъ-же, какъ на солнечномъ краю наблюдаются выступы. На дѣлѣ, вѣроятно, нѣтъ никакого различія между обоими явленіями, кромѣ лишь того, что такимъ путемъ можно открыть на солнечной поверхности только выступы необычайной яркости. Случай этого рода наблюдался авторомъ

28 сентября 1870 года. Онъ изучалъ большое пятно: въ спектрѣ тѣни были обращены всѣ линіи водорода, магнія, натрія и нѣкоторыхъ другихъ элементовъ. Внезапно линіи водорода сдѣлались гораздо ярче, такъ что, открывъ щель спектроскопа, можно было распознать два огромныхъ свѣтящихся облака: одно изъ нихъ имѣло приблизительно 210000 километровъ длины и 32000 километровъ ширины, другое было почти втрое короче. Казалось, что однимъ концомъ каждое изъ нихъ выходитъ изъ точки близъ края полутѣни пятна. Они оставались видимыми около 20 минутъ; постепенно блѣднѣя, они исчезли безъ всякаго видимаго движенія.

Кромѣ такихъ пятенъ, о какихъ мы толковали, на солнечной поверхности иногда замѣтны темно-сѣрыя мѣста; Трувело, который первый обратилъ на нихъ вниманіе въ 1875 году, назвалъ ихъ „пятна, затянутыя дымкой“ (taches voilées, veiled spots) [1]). Въ сущности, это пятна такой же природы, какъ и другія; но они отличаются тѣмъ, что возмущеніе, ихъ производящее, не обладаетъ достаточной силой, чтобы достичь поверхности и прорваться цѣликомъ чрезъ фотосферу. На этихъ пятнахъ яркія гранулы не такъ многочисленны, какъ въ другихъ мѣстахъ; но размѣры гранулъ меньше, а подвижность гораздо больше; иногда и даже довольно часто они покрыты факелами. Измѣненія формы и внѣшняго вида этихъ предметовъ совершаются очень быстро:—по Трувело, въ одну—двѣ минуты. Они встрѣчаются по всей солнечной поверхности, не ограничиваясь исключительно областями, которыя заняты обыкновенными пятнами; иногда они встрѣчаются въ 8^0 или 10^0 отъ солнечнаго полюса. Однако ихъ наблюдали мало, и свѣдѣнія относительно ихъ до сихъ поръ еще очень скудны.

Вращеніе солнца и собственныя движенія пятенъ.

Мы уже упоминали, что пятна движутся по диску солнца отъ восточнаго края къ западному. Благодаря этому движенію, выясняется ихъ связь съ солнечной поверхностью и вращеніе солнца около оси. Истинный періодъ около 25 [2]) дней; видимый или „синодическій“ оборотъ—дня на два длиннѣе, потому что сама земля непрерывно движется впередъ по своей орбитѣ.

Но когда мы начинаемъ изучать движенія пятенъ съ большею тщательностью, мы находимъ, что они обладаютъ *собственнымъ*, какъ говорятъ астрономы, движеніемъ по широтѣ и по долготѣ. Поэтому какъ бы тщательно ни наблюдали мы отдѣльное пятно, этого мало, чтобы точно опредѣлить для солнца положеніе оси и періодъ вращенія. Это обстоятельство не было, кажется, понято первыми наблюдателями (хотя замѣчаніе Шейнера, пропущенное безъ вниманія, указываетъ, что онъ угадывалъ истину). Поэтому мы встрѣчаемъ значительную разницу между различными результатами. Такъ, Делямбръ въ 1775 году полу-

---

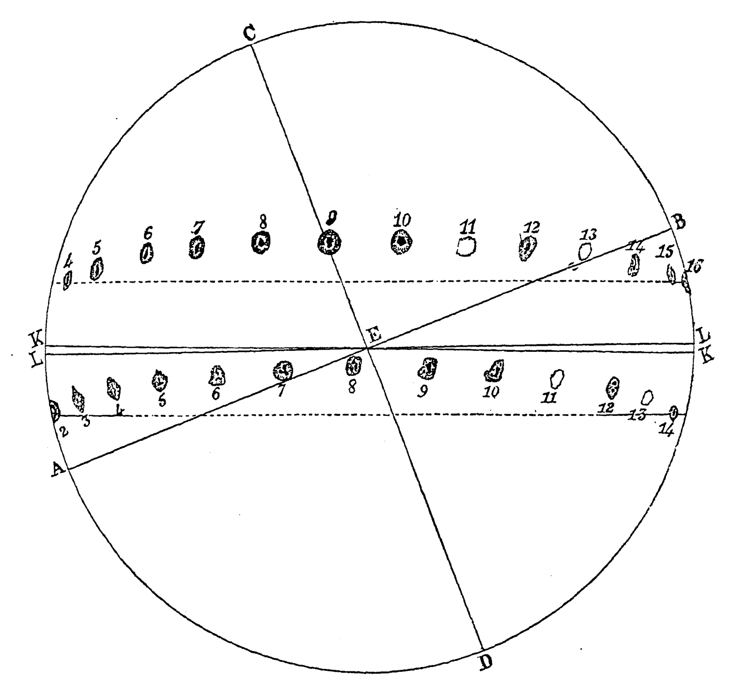
[1]) См. отчетъ Трувело о нихъ въ „American Journal of Science and Art“, мартъ 1876 г., 3 серія, томъ XI.

[2]) Быть можетъ, достойно замѣчанія, что между солнцемъ и земнымъ магнитизмомъ существуетъ несомнѣнная, хотя все еще необъясненная связь, которая обнаруживается многими способами. Между многочисленными періодическими измѣненіями земнаго магнитизма Горнштейнъ находитъ одно измѣненіе съ періодомъ въ 26, 32 сутокъ. *Допуская*, что оно происходитъ отъ синодическаго вращенія солнца, онъ получаетъ для истиннаго вращенія 24, 55 дня. Байджлоу выводитъ величину очень близкую: 24, 86. Періодъ полярныхъ сіяній Видера (27, 28 дней) даетъ 25, 38. Вотъ все, что имѣетъ цѣну.

чилъ 25,01 дней, а Кассини почти цѣлымъ столѣтіемъ раньше получилъ 25,28 дней. Различныя значенія наклоненія солнечнаго экватора къ эклиптикѣ лежатъ между $6^1/_2{}^0$ и $7^1/_2{}^0$; значенія долготы узла—между 70^0 и 80^0. Въ новѣйшее время результаты наиболѣе достойные довѣрія получили Кэррингтонъ и Шпереръ. Первый для средняго періода солнечнаго вращенія даетъ 25,38 дней, Шпереръ даетъ 25,23.

Экваторіальное ускореніе.

Изслѣдованія Кэррингтона *) между 1853 и 1861 годами впервые ясно обнаружили тотъ фактъ, что у солнца, какъ цѣлаго, нѣтъ одного періода вращенія:



74. Наблюденія Шейнера надъ движеніемъ солнечныхъ пятенъ.

различныя части его поверхности совершаютъ оборотъ въ различныя времена. Экваторіальныя области, конечно, дѣлаютъ въ теченіе часа больше километровъ, чѣмъ прочія части солнечной поверхности; но этого мало: онѣ совершаютъ полное обращеніе въ меньшее время. Если мы выведемъ періодъ, имѣя въ виду пятна, близкія къ солнечному экватору, мы найдемъ, по Кэррингтону, приблизительно 25 дней,—немного менѣе. Съ другой стороны, на солнеч-

*) Въ 1844 году Ложье представилъ французской Академіи наукъ мемуаръ, который никогда не былъ напечатанъ in extenso. По словамъ Фая, въ немъ содержатся данныя, которыя привели бы къ тому же результату. Выдержка, помѣщенная въ „Comptes Rendus", не указываетъ однако ни на какую оцѣнку систематическаго измѣненія скорости вращенія отъ экватора къ полюсамъ. Такимъ образомъ, права Кэррингтона, какъ ученаго, открывшаго данный законъ первымъ, остаются въ полной силѣ.

ной (геліографической) широтѣ 20° періодъ пятенъ приблизительно на 18 часовъ дольше; на 30° широты періодъ увеличивается до $26^1/_2$ дней; на 45°—до $27^1/_2$, хотя на этой широтѣ такъ мало пятенъ, что опредѣленіе не заслуживаетъ большого довѣрія. Для областей, лежащихъ выше этой широты, у насъ нѣтъ ничего удовлетворительнаго, и невозможно опредѣлить съ какою либо точностью, продолжается ли это замедленіе періода до полюса или нѣтъ.

Любопытно обстоятельство, связанное, вѣроятно, съ этимъ замѣчательнымъ закономъ движенія поверхности; пятна чаще всего лежатъ между 10° и 35° широты по обѣ стороны солнечнаго экватора. Именно это обстоятельство и мѣшаетъ опредѣленію точныхъ законовъ солнечнаго вращенія, потому что наши наблюденія ограничены указанными предѣлами широты. До сихъ поръ близъ солнечныхъ полюсовъ не удалось найти достаточнаго числа постоянныхъ и опредѣленныхъ точекъ; вотъ почему нѣтъ точныхъ наблюденій, обнимающихъ достаточный промежутокъ времени.

Сдѣлавши болѣе 5000 наблюденій надъ 954 различными группами пятенъ, Кэррингтонъ вывелъ изъ нихъ формулу:

$$X = 865' - 165' \operatorname{Sin}^{7/4} l.$$

Въ ней выражено суточное движеніе солнечной поверхности на различныхъ солнечныхъ широтахъ. Буква l представляетъ въ формулѣ широту, а X суточное движеніе въ минутахъ солнечной долготы. Этимъ путемъ, какъ было сказано раньше, мы получили-бы для періода вращенія солнечнаго экватора немножко меньше 25 дней. Выраженіе это однако чисто эмпирическое; мы не можемъ дать никакого возможнаго объясненія дробному показателю $^7/_4$.

Принимая по теоретическимъ основаніямъ, что этотъ показатель долженъ быть равенъ 2, Фай изъ тѣхъ же самыхъ наблюденій выводитъ формулу:

$$X = 862' - 186' \operatorname{Sin}^2 l.$$

Это выраженіе согласно почти со всѣми наблюденіями приблизительно такъ-же хорошо, какъ формула Кэррингтона.

Шпереръ изъ собственныхъ наблюденій, сдѣланныхъ между 1862 и 1868 годами и соединенныхъ съ наблюденіями Секки и другихъ, выводитъ еще одну формулу:

$$X = 1011' - 203' \operatorname{Sin} (41^\circ\ 13' + l).$$

Тиссеранъ изъ наблюденій надъ 325 пятнами въ 1874—75 годахъ выводитѣ выраженіе:

$$X = 857',_6 - 157',_3 \operatorname{Sin}^2 l.$$

По всей вѣроятности, это выраженіе заслуживаетъ менѣе довѣрія, чѣмъ любое изъ предыдущихъ, потому что основано на значительно меньшемъ числѣ наблюденій.

Вильсингъ въ Потсдамѣ опубликовалъ въ 1888 году изслѣдованіе нѣсколькихъ сотъ факеловъ, показанныхъ на фотогеліографическихъ пластинкахъ. Этимъ путемъ онъ вывелъ періодъ вращенія въ 25,23 дня. Но Вильсингъ не нашелъ никакихъ указаній на экваторіальное ускореніе и заключилъ, что эта особенность фотосферы, гдѣ имѣютъ свое пребываніе пятна, не распространяется на область

факеловъ,—фактъ сильно смущающій, если онъ дѣйствителенъ. Однако еще позже Стратоновъ въ Ташкентѣ, изслѣдуя свои пластинки, получилъ по факеламъ результатъ, вполнѣ согласный съ результатами Шперера и Кэррингтона.

Мы уже указали, что вращеніе солнца можетъ быть доказано съ помощью спектроскопа (стр. 70), и особенно сослались на замѣчательную работу Дюнера. Мы считаемъ его результаты убѣдительными, хотя противъ нихъ и дѣлались возраженія. Дюнеръ пришелъ къ выводу, что область, въ которой берутъ начало темныя линіи спектра, вполнѣ участвуетъ въ движеніи фотосферы. Наблюденія Дюнера представляютъ еще одно большое преимущество передъ наблюденіями, сдѣланными надъ пятнами и факелами: они охватываютъ области въ 75° по обѣ стороны солнечнаго экватора. Наблюденія очень хорошо представлены уравненіемъ:

$$X = 846' - 272' \,.\, 4 \operatorname{Sin}^2 l.$$

Это соотвѣтствовало бы періоду вращенія въ 25,53 дней на солнечномъ экваторѣ и почти въ 37,5 на полюсѣ, но полярный періодъ очень ненадеженъ.

Хотя каждая изъ данныхъ выше формулъ хорошо согласуется съ наблюденіями, ни одна изъ нихъ не можетъ считаться логически установленною на прочномъ физическомъ объясненіи.

Причина этого особеннаго движенія поверхности до сихъ поръ еще неизвѣстна. Сэръ Джонъ Гершель былъ склоненъ приписывать это движеніе ударамъ метеорнаго вещества: дѣйствуя на поверхность солнца, главнымъ образомъ, въ сосѣдствѣ съ экваторомъ, они непрерывно ускоряютъ вращеніе солнца,—подобно тому, какъ мальчикъ гоняетъ кубарь ловкими ударами кнута. Пожалуй, нѣтъ ничего нелѣпаго въ мысли, что достаточное количество метеорной матеріи можетъ достигнуть солнца или что метеоры движутся, по большей части, въ плоскости солнечнаго экватора и въ прямомъ направленіи, т. е., въ т у - ж е сторону, какъ планеты, такъ что ихъ паденіе должно ограничиваться преимущественно экваторіальными областями и, такимъ образомъ, должно ускорять, а не замедлять движеніе поверхности.

Если это такъ, продолжительность періода солнечнаго вращенія должна непрерывно убывать. Но этого не видно, если сравнить результаты Шейнера съ результатами болѣе новыхъ работъ. Конечно, можно предположить, что ускореніе существуетъ, но величина его настолько незначительна, что трудно обнаружить его. Всетаки „толчекъ впередъ“, достаточный для того, чтобы установить разницу приблизительно въ два дня между періодами вращенія на экваторѣ и на широтѣ 40°, долженъ повидимому произвести весьма замѣтное вліяніе въ теченіе 300 лѣтъ.

Вѣроятнѣе, что экваторіальное ускореніе такъ или иначе связано съ обмѣномъ вещества, который, если большая часть солнца газообразна, что въ настоящее время представляется правдоподобнымъ, долженъ непрерывно происходить между поверхностью и внутренними областями шара. Если фотосфера образована изъ массъ *падающихъ*, такое дѣйствіе было-бы необходимымъ слѣдствіемъ. Сдѣлаемъ такое предположеніе: потоки нагрѣтыхъ газовъ или паровъ, стремящіеся къ поверхности, остаются при своемъ восхожденіи газообразными, пока не достигнутъ высшей точки подъема; на этой высотѣ они держатся достаточно долго для того, чтобы пріобрѣсти ту скорость вращенія, которая соотвѣтствуетъ данной высотѣ;

тогда продукты сгущенія, происходящіе отъ ихъ охлажденія, падаютъ внизъ и этимъ паденіемъ образуютъ фотосферу. Въ этомъ случаѣ происходило-бы какъ разъ то, что наблюдается въ дѣйствительности. Каждый видимый элементъ фотосферы обладалъ-бы скоростью вращенія, которая соотвѣтствуетъ большей высотѣ; слѣдовательно, она была-бы больше той скорости, которая естественно принадлежитъ наблюдаемому положенію даннаго элемента. Эта разность измѣнялась-бы отъ экватора, гдѣ она наибольшая, къ полюсамъ, гдѣ она исчезаетъ.

Конечно, для такого эффекта не требуется, чтобы предположенныя условія были выражены со всею строгостью. Достаточно допустить, что въ фотосферѣ падающія массы замѣтнѣе, чѣмъ восходящія или неподвижныя; едва-ли дѣло обстоитъ иначе. Остается однако вопросъ: можно-ли такимъ путемъ объяснить наблюдаемыя явленія какъ относительно мѣры, такъ и относительно рода? Для отвѣта требуется математическое изслѣдованіе, болѣе основательное, чѣмъ то, какое до сихъ поръ могъ предпринять авторъ.

Если разсматривать одни и только одни пятна, показалось-бы вполнѣ возможнымъ, что они произведены матеріей, упавшей съ высоты 24 или 32 тысячъ километровъ, что этого паденія совершенно достаточно, чтобы сдѣлать понятнымъ ихъ общее ускореніе.

Быстрыя перемѣны въ конфигураціи пятна, вообще, сопровождаются движеніемъ всего пятна къ востоку. Этимъ обстоятельствомъ также подтверждается мысль, что данное явленіе связано съ паденіемъ вещества сверху внизъ.

Если мы правильно понимаемъ дѣло, эта теорія экваторіальнаго ускоренія по существу согласна съ теоріей Локіера, формулированною имъ нѣсколькими годами позже въ послѣдней главѣ его „Chemistry of the Sun“. Но его „теорія диссоціаціи“ важна, очевидно, тѣмъ, что заготовляетъ „сотни милліардовъ килограммовъ“ падающаго вещества, которое производитъ явленія при своемъ низверженіи.

Шеберле также приписываетъ экваторіальное ускореніе обратному паденію вещества, выброшеннаго на большую высоту надъ фотосферой.

Идея Фая кажется почти противоположною высказанной здѣсь теоріи. Онъ приписываетъ образованіе фотосферы газообразному веществу, не падающему сверху, но восходящему снизу: оно исходитъ изъ слоя, расположеннаго на извѣстной глубинѣ ниже поверхности. Предполагая, что глубина этого слоя измѣняется вмѣстѣ съ широтой, что у полюсовъ солнца она наибольшая, а у экватора наименьшая, легко объяснить по этой гипотезѣ ускоренное движеніе поверхности на экваторѣ, легко оправдать его формулу, по которой замедленіе въ верхнихъ широтахъ пропорціонально квадрату синуса широты. Но почему должна измѣняться глубина этого слоя? Для этого нѣтъ никакого очевиднаго основанія.

Позднѣе въ 1886 году профессоръ московскаго университета Жуковскій произвелъ изслѣдованіе относительно вращенія жидкихъ массъ. Его выводы были приложены къ условіямъ, существующимъ на солнцѣ, астрофизикомъ Пулковской обсерваторіи Бѣлопольскимъ. Они оправдываютъ, можетъ быть, надежду, что явленія поверхностнаго движенія по долготѣ и даже періодичность пятенъ найдутъ, въ концѣ концовъ, разумное объясненіе, какъ необходимыя слѣдствія медленнаго сжатія неоднороднаго шара, состоящаго преимущественно изъ газовъ. Предметъ труденъ и теменъ. Но, кажется, возможно доказать, что по механическимъ принципамъ у цен-

тральныхъ частей такой вращающейся массы время вращенія должно быть короче, чѣмъ у поверхностныхъ. Разъ это такъ, неизбѣжнымъ слѣдствіемъ являются: обмѣнъ вещества между внутреннею и внѣшнею областями шара, медленное поверхностное движеніе отъ экватора къ полюсамъ, болѣе быстрое внутреннее теченіе отъ полюсовъ къ экватору, проходящее вдоль и близъ оси, непрерывное вскипаніе и подъемъ (boiling up) внутренней матеріи по обѣимъ сторонамъ экватора, наконецъ, въ сосѣдствѣ съ экваторомъ именно такое движеніе къ востоку, какое наблюдается на самомъ дѣлѣ. Кромѣ того, форма массы, напряженность движенія и „вскипаніе“ снизу могли-бы подвергаться, да, вѣроятно, и подвергались бы большимъ періодическимъ измѣненіямъ.

Целльнеръ полагалъ, что экваторіальное ускореніе происходитъ вслѣдствіе тренія между жидкою оболочкой, составляющею фотосферу, и твердымъ ядромъ, лежащимъ ниже ея. Едва-ли необходимо говорить, что этотъ взглядъ находится въ полномъ противорѣчіи со взглядами почти всѣхъ астрономовъ и кажется несостоятельнымъ въ своихъ основныхъ допущеніяхъ.

Въ общемъ, однако авторъ сочувствуетъ заключенію Дюнера: „Я долженъ сознаться, что эта разница между періодами вращенія на различныхъ (солнечныхъ) широтахъ кажется мнѣ непонятною и составляетъ одну изъ труднѣйшихъ задачъ астрофизики“. Въ сущности, ни одной изъ предложенныхъ теорій нельзя назвать удовлетворительной.

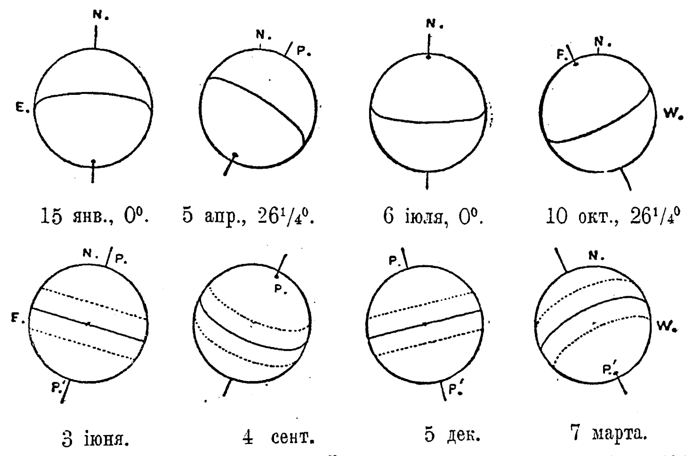
*) Новыя важныя математическія изслѣдованія произведены Вильсингомъ въ Потсдамѣ и Сампсономъ въ Дергемскомъ Колледжѣ (въ Англіи). Они приводятъ къ слѣдующему заключенію: объясненія „экваторіальнаго ускоренія“ солнца, которое такъ долго смущало астрофизиковъ, нужно искать не въ силахъ и условіяхъ, дѣйствующихъ въ настоящее время, но въ медленно исчезающемъ „переживаніи“ прежняго состоянія вещей. „Мы избавлены“, какъ выражается Вильсингъ, „отъ трудности объяснить эти теченія механическими и физическими принципами, потому что они являются слѣдствіемъ прежнихъ условій движенія“. Настоящія условія таковы, что стремятся разрушить наблюдаемыя неравенства движенія. Въ концѣ концовъ, они приведутъ солнце къ состоянію равномѣрнаго вращенія, свойственнаго твердому шару. До сихъ поръ однако процессъ идетъ столь медленно, что настоящее положеніе будетъ продолжаться безъ перемѣнъ въ теченіе тысячъ, если не милліоновъ лѣтъ. Близъ центра солнца это состояніе равномѣрнаго вращенія, вѣроятно, уже наступило. Но пройдутъ вѣка, прежде чѣмъ исчезнутъ поверхностныя движенія. Перемѣна въ теченіе одного или двухъ столѣтій слишкомъ мала, чтобы какія бы то ни было наблюденія могли открыть ее.

Въ связи съ этимъ, быть можетъ, стоитъ прибавить, что спектроскопическія наблюденія Джюэля и другихъ въ университетѣ Джона Хопкинса дали относительно вращенія солнца результаты, согласные съ результатами Дюнера, приведенными на страницѣ 106. Далѣе, они повидимому указываютъ, что ниже лежащіе слои солнечной атмосферы движутся медленнѣе и употребляютъ для полнаго оборота больше времени, чѣмъ слои, расположенные на большей высотѣ. Но это—наблюденія настолько тонкія, что въ настоящее время нельзя считать выводъ окончательно доказаннымъ*.

*) Дополненіе къ русскому изданію. Помѣщено авторомъ въ „Popular Astronomy“ 189⁷/₈. Vol. V, № 6.

Положеніе солнечной оси.

Плоскость вращенія солнца слегка наклонена къ плоскости земной орбиты. По Кэррингтону, уголъ наклона—7° 15′, тогда какъ Шпереръ даетъ 6° 57′. Эта плоскость пересѣкаетъ эклиптику въ двухъ противоположныхъ точкахъ, называемыхъ узлами; долгота одного изъ этихъ узловъ, по Кэррингтону, 73°40′, а по Шпереру,— 74°36′. Поэтому ось солнца направлена на точку въ созвѣздіи Дракона, не означенную никакою замѣтною звѣздой. Астрономы опредѣляютъ положеніе этой точки, говоря, что ея прямое восхожденіе 18 ч. 44 м. и ея склоненіе 64°. Она какъ разъ почти на полдорогѣ между яркою звѣздой α Лиры и полярною звѣздой (α Малой Медвѣдицы). Земля проходитъ чрезъ оба узла ровно или около 3 іюня и 5 декабря. Въ эти моменты кажется, что пятна движутся по солнечному диску прямолинейно, и полюсы солнца расположены на его окружности. Въ теченіе лѣта и осени, отъ іюня до декабря, къ землѣ наклоненъ сѣверный полюсъ солнца;



75. **Уголъ положенія солнечной оси и видъ солнечнаго экватора.**

въ теченіе зимнихъ мѣсяцевъ—южный. Уголъ, который солнечная ось видимо образуетъ на небѣ съ линіей сѣверъ—югъ (технически, уголъ положенія солнечной оси) въ теченіе года измѣняется на значительную величину,—на 26° въ обѣ стороны отъ нуля. Такъ какъ любителю часто желательно знать этотъ уголъ, хотя-бы приближенно, мы помѣщаемъ ниже небольшую таблицу, въ которой данъ уголъ положенія сѣвернаго полюса солнца, отнесенный къ центру диска. Таблица взята изъ болѣе обширной таблицы Секки,—изъ его книги „Le Soleil".

Уголъ положенія солнечной оси:			
Января 4. Іюля 6	0°,00.		
Янв. 15, іюня 25. .	5° зап.	Дек. 24, іюля 17. .	5° вост.
Янв. 26, іюня 14. .	10° „	Дек. 15, іюля 29. .	10° „
Февр. 7, іюня 2. .	15° „	Дек. 3, авг. 11. .	15° „
Февр. 22, мая 18. .	20° „	Ноября 19, авг. 27. .	20° „
Марта 18, апрѣля 25	25° „	Окт. 29, сент. 20. .	25° „
Апрѣля 5.	26°20′ зап.	Окт. 10.	26°20′ вост.

Понятно, таблица эта только приближенная, потому что числа слабо измѣняются, сообразно съ мѣстомъ текущаго года въ циклѣ високоснаго года. Но полученные изъ этой таблицы результаты всегда остаются точными въ предѣлахъ $^1/_4{}^0$; этого достаточно для большинства случаевъ.

Все это пояснено рисункомъ 75, гдѣ данъ уголъ положенія солнечной оси и видъ солнечнаго экватора въ различныя времена года—такъ, какъ мы видимъ ихъ съ земли. Для ясности однако наклоненіе солнечнаго экватора къ эклиптикѣ въ нижнемъ рядѣ рисунковъ значительно увеличено: экваторъ никогда не представляется столь сильно искривленнымъ, какъ изображено на этомъ рисункѣ.

Собственное движеніе пятенъ.

Принявъ въ разсчетъ экваторіальное ускореніе, нашли, что почти у каждаго пятна есть большее или меньшее собственное движеніе. Между 20° сѣверной и 20° южной широты Кэррингтонъ находитъ, въ общемъ, слабое стремленіе къ движенію въ сторону экватора; движеніе доходитъ только до 1—2 минутъ дуги въ день. Отъ 20° до 30° по обѣ стороны экватора нѣсколько замѣтнѣе движеніе къ полюсамъ. Фай также показалъ, что многія пятна движутся на поверхности солнца по малымъ эллипсамъ, совершая полные обороты въ день или въ два и повторяя ихъ съ большою правильностью въ теченіе недѣль и даже мѣсяцевъ. Всякій разъ, какъ пятно испытываетъ мгновенныя перемѣны, оно, вообще, движется по солнечной поверхности впередъ, дѣлая почти скачекъ. Когда пятно дѣлится на двѣ или большее число частей, эти части отдѣляются, вообще, съ весьма значительною скоростью, какъ будто (мы не говоримъ *потому что*) между ними существуетъ отталкиваніе.

Распредѣленіе солнечныхъ пятенъ.

Солнечныя пятна, какъ уже сказано, распредѣлены по солнечной поверхности неравномѣрно. Они встрѣчаются, главнымъ образомъ, въ двухъ поясахъ, расположенныхъ по обѣимъ сторонамъ экватора: именно, между 10° и 30° широты. На самомъ экваторѣ они сравнительно рѣдки; еще меньше пятенъ за 35° широты, и только одинъ разъ было отмѣчено пятно за 45° широты; оно было наблюдаемо въ 1846 году покойнымъ Петерсомъ въ Неаполѣ.

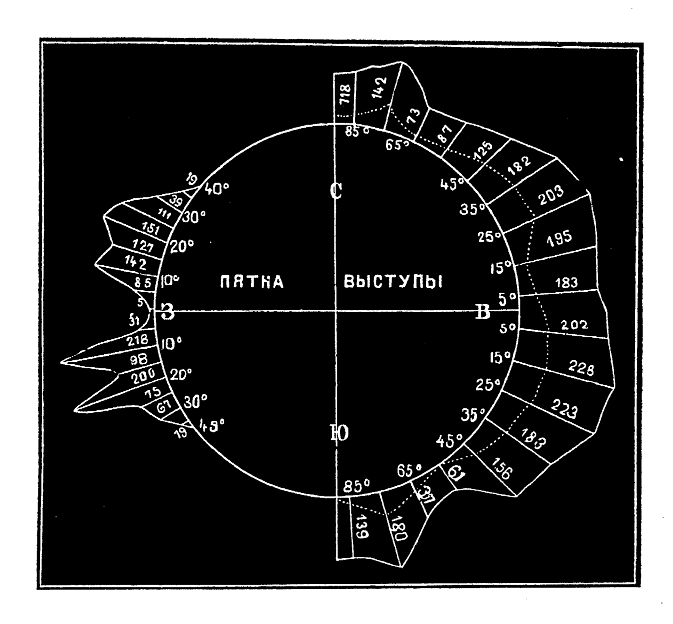
Рисунокъ 76 показываетъ распредѣленіе 1386 пятенъ, наблюдавшихся Кэррингтономъ. Рисунокъ построенъ слѣдующимъ образомъ.

На лѣвой сторонѣ рисунка окружность солнца по обѣ стороны отъ экватора раздѣлена на промежутки въ 5°; въ каждомъ такомъ пространствѣ проведена по направленію радіуса прямая линія; ея длина въ *четырехсотыхъ доляхъ дюйма* пропорціональна числу пятенъ, наблюдавшихся на протяженіи $2^1/_2{}^0$ широты въ ту и другую сторону отъ нея. Такъ, линія проведенная на 20° сѣверной широты и обозначенная „151“, имѣетъ длину $^{150}/_{400}$ дюйма; она выражаетъ, что между $17^1/_2{}^0$ и $22^1/_2{}^0$ сѣверной широты было записано 151 пятно.

При первомъ взглядѣ на рисунокъ становится очевиднымъ, что распредѣленіе пятенъ не слѣдуетъ никакому простому закону широты. Въ сѣверномъ полушаріи распредѣленіе пятенъ въ теченіе 8 лѣтъ наблюденія было не особенно неправильнымъ, хотя здѣсь можно уже отмѣтить отчетливый минимумъ на 15° и два максимума на 11° и 22° широты. Въ южномъ полушаріи минимумъ у 15° выраженъ съ полной

ясностью, число же пятенъ у 10° и 20° далеко превышаетъ соотвѣтственныя числа въ сѣверномъ полушаріи. Изъ всего числа 1386 пятенъ на южное полушаріе приходилось 711, на сѣверное 675.

Минимумъ у 15° широты принадлежалъ спеціально той эпохѣ, когда производились наблюденія; онъ беретъ начало въ законѣ, открытомъ Шпереромъ немного лѣтъ тому назадъ. Законъ этотъ мы будемъ обсуждать ниже (стр. 116). Собственныя наблюденія Шперера съ 1861 до 1867 года не указываютъ ничего подобнаго. Они даютъ слѣдующее распредѣленіе 1053 пятенъ по широтѣ:



76. **Распредѣленіе солнечныхъ пятенъ и протуберанцевъ.**

+35°	4
+30°	4
+25°	16
+20°	50
+15°	133
+10°	198
+ 5°	114

Всего 519 пятенъ къ сѣверу отъ солнечнаго экватора, 40 пятенъ были на экваторѣ или не далѣе 2° отъ него. Къ югу отъ экватора пятна распредѣлялись слѣдующимъ образомъ:

— 5°	113
—10°	206
—15°	109
—20°	38
—25°	19
—30°	7
—35°	1
—40°	1

Всего 494 южныхъ пятна. Въ 1866 году, когда былъ минимумъ, было только 94 пятна; всѣ они, исключая двухъ, лежали въ 17° отъ экватора.

Должно замѣтить, что по временамъ, когда пятенъ много, ихъ средняя широта больше, чѣмъ въ то время, когда пятенъ мало. Другими словами, приращеніе числа пятенъ влечетъ за собой расширеніе поясовъ, въ которыхъ пятна появляются. На это указываютъ всѣ наблюденія.

Причина такого распредѣленія пятенъ по поясамъ неизвѣстна. Вѣроятно, она связана съ происхожденіемъ самихъ пятенъ; весьма возможно, что она имѣетъ нѣкоторое отношеніе къ только что обсуждавшемуся закону поверхностнаго движенія. По крайней мѣрѣ, внѣ сомнѣнія, какъ нѣсколько лѣтъ тому назадъ указалъ Фай, что на полюсахъ и экваторѣ солнца, смежныя части фотосферы не перемѣщаются одна относительно другой. Это невѣрно для среднихъ широтъ. Здѣсь каждый элементъ поверхности имѣетъ скорость, отличную отъ скоростей сосѣднихъ элементовъ, расположенныхъ къ сѣверу или къ югу отъ него; поэтому элементы подвергаются относительному перемѣщенію, какъ струи жидкаго потока, который испытываетъ замедленіе. Такимъ замедленіемъ производятся, по мнѣнію Фая, вихри и круговороты, которые, по его взгляду, даютъ начало пятнамъ.

Что касается сѣвернаго и южнаго полушарій солнца, между ними часто бываетъ большое неравенство. Такъ, съ 1672 до 1704 года на сѣверномъ полушаріи не было записано ни одного пятна, и когда въ 1705 и 1714 годахъ появилось нѣсколько пятенъ, французская Академія формально отмѣтила этотъ фактъ, какъ нѣчто крайне замѣчательное. Мы не знаемъ, случалось-ли когда-нибудь съ тѣхъ поръ нѣчто совершенно подобное; но часто въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ сряду явственно выражается неравенство между обоими полушаріями, хотя, если взять большой промежутокъ времени, здѣсь, кажется, нѣтъ никакой разницы.



77. **Пояса солнечныхъ пятенъ.**

Появляются ли пятна нѣсколько разъ въ однѣхъ и тѣхъ же точкахъ? Это— вопросъ большой теоретической важности. Если бы такъ было на самомъ дѣлѣ, это обстоятельство доказывало бы почти несомнѣнно, что подъ фотосферой должно быть сплошное ядро. Вращаясь около оси, оно увлекаетъ такія вулканическія или въ другихъ отношеніяхъ замѣчательныя области, надъ которыми появляются пятна. Впрочемъ, и безъ этой гипотезы не трудно было-бы объяснить два или три исчезновенія и появленія пятна въ одной той же области, потому что нуженъ большой промежутокъ времени, чтобы большое возмущеніе въ солнечной атмосферѣ могло утихнуть окончательно. Наблюденія Шперера показываютъ, что такъ и бываетъ въ дѣйствительности: въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ пятна и факелы часто по нѣскольку разъ возвращаются на тѣ же самыя мѣста. Но его наблюденія не даютъ никакой дѣйствительной опоры для предположенія о твердомъ ядрѣ. Онъ самъ никогда не держался этого взгляда, хотя нѣкоторые (и, между прочими, авторъ) ошибочно поняли иныя его выраженія и считали его сторонникомъ этой идеи.

V.

Періодичность солнечныхъ пятенъ; ихъ вліяніе на землю и теоріи, относящіяся до ихъ причины и природы.

Наблюденія Швабе.—Числа Вольфа.—Предложенныя объясненія періодичности.—Связь между солнечными пятнами и земнымъ магнитизмомъ.—Замѣчательныя солнечныя возмущенія и магнитныя бури.—Вліяніе солнечныхъ пятенъ на температуру.—Солнечныя пятна, циклоны, выпаденіе дождя.—Изслѣдованія Саймонса и Мельдрена.—Солнечныя пятна и торговые кризисы.—Галилеева теорія пятенъ.—Гершелева теорія.—Первая теорія Секки.—Взгляды Целльнера, Фая и позднѣйшее мнѣніе Секки.—Теоріи Локіера, Шеберле и другихъ.

Рано замѣтили, что число солнечныхъ пятенъ весьма измѣнчиво; но открытіе правильной періодичности въ ихъ числѣ было сдѣлано не раньше 1851 года,



78. **Рудольфъ Вольфъ.**

когда Швабе въ Дессау первый опубликовалъ результаты двадцатипятилѣтнихъ наблюденій. Въ теченіе этого времени онъ наблюдалъ солнце каждый ясный день и получилъ почти полную запись всѣхъ пятенъ, какія появлялись на солнечной поверхности. Онъ началъ свой трудъ, не предчувствуя, къ какимъ результатамъ придетъ. Онъ самъ говоритъ о себѣ, что, подобно Саулу, пошелъ искать ословъ своего отца и нашелъ царство". Его наблюденія безспорно обнаружили почти правильное увеличеніе и уменьшеніе числа солнечныхъ пятенъ, при чемъ промежутокъ отъ одного максимума до слѣдующаго близокъ къ 10 годамъ.

Послѣдующія наблюденія и внимательное изслѣдованіе всѣхъ извѣстныхъ прежнихъ записей вполнѣ подтвердили этотъ выводъ съ однимъ только измѣненіемъ, что средній періодъ, кажется, нѣсколько больше. Въ настоящее время общепринятая величина періода $11^1/_9$ года. Профессоръ Рудольфъ Вольфъ въ Цюрихѣ, особенно неутомимый въ своихъ изслѣдованіяхъ по этому вопросу, успѣлъ вывести на свѣтъ изо всѣхъ возможныхъ тайниковъ почти полную исторію солнечной поверхности за прошедшія 150 лѣтъ. Между прочимъ, онъ нашелъ въ неизданныхъ рукописяхъ Горребоу (датскаго астронома, жившаго въ прошломъ столѣтіи) ясное указаніе (въ 1776 году), что усердное и непрерывное наблюденіе солнечныхъ пятенъ могло-бы привести къ „открытію періода такъ же, какъ въ движеніяхъ другихъ небесныхъ тѣлъ". Къ этому датскій астрономъ прибавилъ замѣчаніе, что „только тогда наступитъ время изслѣдовать, какимъ образомъ солнечныя пятна вліяютъ на тѣла, управляемыя и освѣщаемыя солнцемъ". Можетъ быть, это замѣчаніе содержитъ намекъ на нѣкоторыя идеи, распространенныя тогда, какъ и теперь; примѣромъ ихъ является попытка, сдѣланная нѣсколько позже сэромъ Вильямомъ Гершелемъ— установить соотношеніе между цѣной пшеницы и числомъ солнечныхъ пятенъ.

Вольфъ собралъ огромное число наблюденій и потратилъ много труда, чтобы соединить ихъ въ однородное цѣлое. Для этого онъ вывелъ рядъ чиселъ, которыя онъ назвалъ „относительными" и которыя представляютъ состояніе солнечныхъ пятенъ для каждаго года, начиная съ 1745-го. Свое „относительное число" онъ выводитъ изъ наблюденій надъ пятнами довольно произвольнымъ способомъ: пусть r означаетъ относительное число, формула будетъ:

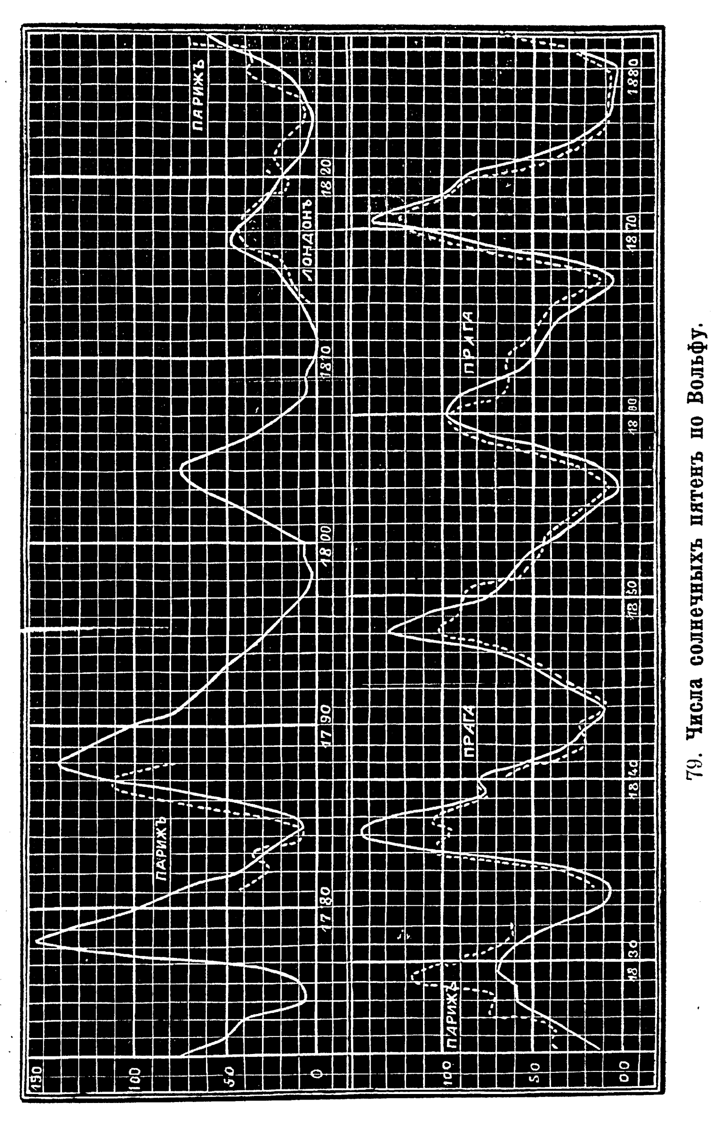
$$r = k\,(f + 10g);$$

здѣсь g означаетъ число наблюдавшихся группъ и отдѣльныхъ пятенъ, f—полное число пятенъ, подсчитанныхъ въ этихъ группахъ и отдѣльно, k—коэффиціентъ, зависящій отъ наблюдателя и его трубы. Для себя Вольфъ выражалъ его единицей, а онъ наблюдалъ съ 3 - дюймовымъ телескопомъ при увеличеніи въ 64. Для наблюдателя съ бо̀льшимъ инструментомъ k будетъ меньше единицы, тогда какъ для меньшаго инструмента и менѣе опытнаго наблюдателя k будетъ больше единицы, потому что онъ увидитъ, вѣроятно, меньше пятенъ, чѣмъ Вольфъ со своимъ инструментомъ. Оказалось, что эти относительныя числа, какъ подтвердили новѣйшіе фотографическіе результаты Делярю и Стюарта, приблизительно пропорціональны площади, покрытой пятнами.

На страницѣ 116 мы даемъ таблицу, которая составлена по числамъ, опубликованнымъ Вольфомъ въ 1877 году въ „Мемуарахъ Лондонскаго Королевскаго Астрономическаго Общества"; на ней показано состояніе пятенъ, начиная съ 1772 года. Кривая продолжена *) до 1880 года на основаніи чиселъ, помѣщенныхъ Вольфомъ впослѣдствіи въ періодическихъ изданіяхъ по астрономіи. Горизонтальныя дѣленія обозначаютъ года; высота кривой въ каждой точкѣ даетъ „относительное число" для даннаго момента. Напримѣръ, въ 1870 году около средины года относительное число было 140,

*) Мы полагали, что не стоитъ дѣлать новое клише, чтобы довести кривую до настоящаго времени; главные результаты съ 1880 года, выраженные численно, читатель найдетъ одной или двумя страницами ниже.

между тѣмъ въ началѣ 1879 года оно упало до 3. Пунктирныя линіи это—кривыя магнитнаго возмущенія, которыя теперь нисколько насъ не занимаютъ. Наша діаграмма вслѣдствіе малаго формата страницы идетъ назадъ только до 1772 года; но изслѣдованія Вольфа восходятъ къ 1610 году. Въ мемуарѣ, изъ котораго взяты



79. Числа солнечныхъ пятенъ по Вольфу.

числа для нашей діаграммы, онъ даетъ слѣдующую важную таблицу максимумовъ и минимумовъ солнечныхъ пятенъ, начиная съ 1610 года. Результаты распредѣлены на два ряда; первый изъ нихъ основанъ на незначительномъ числѣ наблюденій, поэтому второй представляетъ гораздо бóльшую цѣнность.

Первый рядъ.		Второй рядъ.	
Минимумы.	Максимумы.	Минимумы.	Максимумы.
1610,8	1615,5	1745,0	1750,3
8,2	10,5	10,2	11,2
1619,0	1626,0	1755,2	1761,5
15,0	13,5	11,3	8,2
1634,0	1639,5	1766,5	1769,7
11,0	9,5	9,0	8,7
1645,0	1649,0	1775,5	1778,4
10,0	11,0	9,2	9,7
1655,0	1660,0	1784,7	1788,1
11,0	15,0	13,6	16,1
1666,0	1675,0	1798,3	1804,2
13,5	10,0	12,3	12,2
1679,5	1685,0	1810,6	1816,4
10,0	8,0	12,7	13,5
1689,5	1693,0	1823,3	1829,9
8,5	12,5	10,6	7,3
1698,0	1705,5	1833,9	1837,2
14,0	12,7	9,6	10,9
1712,0	1718,2	1843,5	1848,1
11,5	9,3	12,5	12,0
1723,5	1727,5	1856,0	1860,1
10,5	11,2	11,2	10,5
1734,0	1738,7	1867,2	1870,6
Средній періодъ.	Средній періодъ.	Средній періодъ.	Средній періодъ.
11,20±2,11 [*]	11,20±2,06	11,16±1,54	10,94±2,52
±0,64	±0,63	±0,47	±0,76

[*]) Верхнее число ± 2,11 указываетъ, что единичные періоды отличаются, въ среднемъ, на 2,11 года въ ту или другую сторону отъ средняго періода. Нижнее число ± 0,64 это такъ называемая «вѣроятная ошибка» періода. То же самое и въ трехъ другихъ столбцахъ.

Изъ этихъ данныхъ Вольфъ выводитъ средній періодъ въ 11,111 года со среднею измѣняемостью въ 2,03 года и съ погрѣшностью въ 0,307. Эта погрѣшность происходитъ отъ трудности точно обозначить моментъ максимума, или минимума.

Послѣ большого максимума 1871,6 года, когда относительное число достигло 140, настало необыкновенно продолжительное паденіе относительнаго числа, длившееся до 1879 года; какъ показываетъ рисунокъ, въ этомъ году наблюдался очень низкій минимумъ. Послѣ того слабый максимумъ (только 64) наступилъ довольно скоро, близъ конца 1883 года; за нимъ слѣдовалъ средній минимумъ въ половинѣ 1889 года. Слѣдующій и послѣдній максимумъ былъ въ 1893 году; онъ былъ невысокъ, можетъ быть, около 70; но Вольфъ умеръ въ 1893 году, и у насъ нѣтъ никакихъ достовѣрныхъ чиселъ позднѣе 1891 года.

Съ перваго взгляда на рисунокъ видно, что максимумы значительно различаются между собой по напряженности, что періодъ не представляетъ постоянной величины, какъ періодъ орбитальнаго движенія планетъ, но подверженъ большимъ измѣненіямъ. Такъ, между максимумами 1829,9 и 1837,2 годовъ приходится промежутокъ только въ 7,3 года, тогда какъ между 1788 и 1804 годами былъ промежутокъ въ 16,1 года *). Возможно, что эта измѣнчивость періода происходитъ отчасти отъ неполноты нашихъ наблюденій, но это—лишь одна причина. Вполнѣ правдоподобно, что до нѣкоторой степени это дѣйствіе производится колебаніемъ болѣе длиннаго періода, приблизительно въ 60 лѣтъ, которое присоединяется къ основному колебанію, длящемуся 11 лѣтъ.

Нужно отмѣтить еще одно важное обстоятельство: промежутокъ между минимумомъ и ближайшимъ слѣдующимъ максимумомъ—всего около 4½ лѣтъ; между тѣмъ отъ максимума до слѣдующаго ближайшаго минимума проходитъ, въ среднемъ, 6,6 года. Возмущеніе, вызывающее солнечныя пятна, возникаетъ внезапно, а утихаетъ постепенно.

Другой фактъ, до сихъ поръ не разъясненный и, вѣроятно, представляющій большое теоретическое значеніе, былъ недавно обнаруженъ Шпереромъ. Возмущеніе, которымъ производятся пятна даннаго періода, обнаруживается сначала въ двухъ поясахъ около 30° къ сѣверу и югу отъ солнечнаго экватора. Эти пояса подходятъ потомъ къ экватору; максимумъ солнечныхъ пятенъ случается, когда ихъ широта около 16°; между тѣмъ возмущеніе постепенно и окончательно гаснетъ на широтѣ 8° или 10°, лѣтъ чрезъ 12 или 14 послѣ перваго взрыва. Двумя или тремя годами раньше этого исчезновенія показываются однако два новыхъ пояса возмущенія. Такъ, при минимумѣ солнечныхъ пятенъ можно было замѣтить четыре хорошо обозначенныхъ пояса пятенъ: два близъ экватора,—они указывали на угасающее возмущеніе, и два въ высокихъ широтахъ, — эти были вызваны вновь начинающимся изверженіемъ. Кажется, что истинный циклъ солнечныхъ пятенъ, отъ 12 до 14 лѣтъ каждый, начинается въ высокихъ широтахъ прежде, чѣмъ близъ экватора исчезнетъ предыдущій.

Это видно на рисункѣ 80, заключающемъ въ себѣ результаты Шперера отъ 1855 до 1880 года. Пунктирныя линіи показываютъ Вольфову кривую солнечныхъ пятенъ

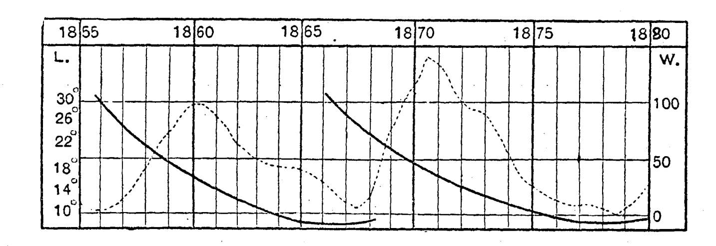
---

*) Нѣкоторые астрономы утверждаютъ, что здѣсь долженъ быть еще другой максимумъ около 1795 года. Наблюденія этого времени малочисленны и недостаточно удовлетворительны.

для этого періода; вертикальный столбецъ на правой сторонѣ рисунка, отмѣченный наверху буквой W, даетъ Вольфовы „относительныя числа". Двѣ непрерывныхъ кривыхъ съ другой стороны даютъ солнечныя широты двухъ рядовъ пятенъ, которыя покрывали солнечную поверхность въ эти годы. Шкала широтъ на лѣвой сторонѣ. Первый рядъ начинается въ 1856 году и кончается въ 1868 году; второй выступаетъ въ 1866 году и продолжается до 1880 года. Въ теченіе этихъ лѣтъ была очень малая разница между сѣвернымъ и южнымъ полушаріями солнца.

Объясненія періодичности солнечныхъ пятенъ.

Въ физикѣ солнца нѣтъ болѣе интереснаго и важнаго вопроса, какъ вопросъ о причинѣ періодичности солнечныхъ пятенъ; но удовлетворительнаго рѣшенія до сихъ поръ еще не найдено. Весьма авторитетные астрономы предполагали, что эта періодичность обязана своимъ существованіемъ вліянію планетъ. Предполагали, что особенно важную роль въ этомъ случаѣ играютъ Юпитеръ, Венера и Меркурій: Юпитеръ—вслѣдствіе огромной массы, Венера и Меркурій—вслѣдствіе близости къ солнцу.



80. **Кривыя широты солнечныхъ пятенъ.**

Делярю и Стюартъ вывели изъ своихъ фотографическихъ наблюденій надъ солнечными пятнами между 1862 и 1866 годами рядъ чиселъ, которыми они сильно стремятся доказать, что площадь, покрытая пятнами, значительно увеличивается, когда двѣ большихъ планеты находятся почти на одной прямой съ солнцемъ. Въ особенности изслѣдовали они соединенное дѣйствіе Меркурія и Венеры, Юпитера и Венеры, Юпитера и Меркурія, точно такъ-же, какъ вліяніе, производимое Меркуріемъ, когда онъ приближается къ солнцу или удаляется отъ солнца. Во всѣхъ четырехъ случаяхъ есть, кажется, почти правильная прогрессія чиселъ; впрочемъ, въ третьемъ и четвертомъ случаяхъ она гораздо менѣе очевидна, чѣмъ въ первомъ и второмъ. Неправильныя измѣненія чиселъ однако такъ велики, а продолжительность наблюденій такъ коротка, что едва ли можно слишкомъ полагаться на наблюдавшіяся совпаденія: они могутъ быть просто случайными. Въ дѣйствительности, насколько мы можемъ знать, наблюденія съ 1866 года не дали никакого подтвержденія этой теоріи.

Попытка связать 11-лѣтній періодъ съ періодомъ планеты Юпитера также не имѣла успѣха. Для извѣстнаго промежутка времени кривая солнечныхъ пятенъ кажется довольно согласной съ другою кривой, которая показываетъ, какъ измѣняется разстояніе между Юпитеромъ и солнцемъ; зато въ другіе моменты обѣ кривыя совершенно расходятся. Около 1870 года максимумъ солнечныхъ пятенъ наступилъ,

когда разстояніе между планетою и солнцемъ было наименьшее; въ началѣ-же столѣтія имѣлъ мѣсто обратный случай. Лумисъ предположилъ, что причиною могутъ быть соединенія и противостоянія Юпитера и Сатурна. Между соединеніемъ и противостояніемъ или наоборотъ приходится промежутокъ въ 9,93 года. Но, разбирая этотъ вопросъ критически, мы найдемъ, что въ однихъ случаяхъ съ указаннымъ расположеніемъ обѣихъ планетъ совпадали минимумы солнечныхъ пятенъ, въ другихъ максимумы.

Дѣйствительно, очень трудно сообразить, какимъ образомъ планеты столь малыя и столь удаленныя могутъ произвести на солнцѣ такія глубокія и обширныя возмущенія. Едва-ли возможно, чтобы дѣйствующею причиной было ихъ притяженіе, потому что притяженіе, производимое на солнечную поверхность Венерой, составляетъ только около $^{1}/_{750}$ дѣйствія солнца на землю. Въ случаѣ Меркурія и Юпитера дѣйствіе должно быть еще меньше: оно равно приблизительно $^{1}/_{1000}$ вліянія солнца на землю. Если принять въ разсчетъ разрѣженное состояніе веществъ, изъ которыхъ состоитъ фотосфера, станетъ совершенно очевиднымъ, что никакіе приливы, возбужденные планетой, не могутъ объяснить явленія прямо. Если солнечныя пятна обязаны нѣкоторымъ образомъ дѣйствію планетъ, это дѣйствіе должно быть скорѣе случайностью, чѣмъ причиной. Малѣйшее возмущеніе можетъ, такъ сказать, „спустить курокъ“ и вызвать взрывъ. Прикосновеніе дѣтскаго пальца взорвало мину Флудъ Рокъ.

Нѣкоторые астрономы, между прочими, профессоръ Пирсъ, усвоили, кажется, идею, на которую мы намекали еще раньше и которую, какъ мы полагаемъ, впервые предложилъ сэръ Джонъ Гершель. По этой идеѣ, причиной солнечныхъ пятенъ признается паденіе на солнце метеоровъ. Согласно съ этимъ взглядомъ, періодичность пятенъ могла быть объяснена гипотезой, что метеоры движутся по весьма вытянутой орбитѣ съ періодомъ въ 11,1 лѣтъ; притомъ въ одной части орбиты метеоры образуютъ рой большой плотности, въ другихъ-же частяхъ они разсѣяны. Эта метеорная орбита должна была-бы лежать приблизительно въ плоскости солнечнаго экватора, а ея афелій долженъ приходиться близъ орбиты Сатурна. Конечно, нѣтъ необходимости ограничивать нашу гипотезу однимъ метеорнымъ потокомъ. То, что мы знаемъ о метеорныхъ дождяхъ, встрѣчаемыхъ землей, дѣлаетъ весьма правдоподобнымъ существованіе нѣсколькихъ потоковъ съ различными періодами; такимъ образомъ, мы можемъ объяснить нѣкоторыя изъ неправильностей въ періодѣ солнечныхъ пятенъ. Гипотеза эта превосходна во многихъ отношеніяхъ; у насъ еще будетъ случай вернуться къ ней. Въ то-же время здѣсь можно сказать, что кажется весьма затруднительнымъ объяснить съ помощью гипотезы огромные размѣры и постоянство многихъ группъ солнечныхъ пятенъ и распредѣленіе пятенъ солнечной поверхности на два параллельныхъ пояса съ минимумомъ у экватора. Неправильность въ эпохахъ максимумовъ и минимумовъ также много больше, чѣмъ можно было-бы ожидать.

Въ общемъ, кажется болѣе вѣроятнымъ, что причина періодичности лежитъ въ самомъ солнцѣ и зависитъ не отъ внѣшнихъ причинъ, но отъ состава фотосферы и скорости, съ какою солнце теряетъ теплоту. Можетъ быть, мы въ правѣ сравнить малыя явленія съ большими, указавъ на періодическія изверженія исландскихъ гейзеровъ или на взрывы эфира и многихъ другихъ жидкостей въ ретортѣ химика. Разсматривая вопросъ съ этой точки зрѣнія, мы могли-бы представить дѣло слѣдующимъ образомъ: сначала, въ теченіе промежутка покоя происходитъ

накопленіе внутреннихъ силъ; затѣмъ слѣдуетъ изверженіе, освобождающее эти силы. Спокойствіе и пароксизмы возвращаются чрезъ приблизительно правильные промежутки времени просто потому, что замѣшанныя тутъ силы, вещества и условія измѣняются лишь медленно, съ теченіемъ времени.

Если бы такъ было на самомъ дѣлѣ, ясно, конечно, что періодичность никогда не будетъ очень правильною и не будетъ долго слѣдовать за ходомъ какой-либо планеты. Время постепенно рѣшитъ эту задачу или, по крайней мѣрѣ, опровергнетъ всякую ложную гипотезу, основанную на возвращеніи планетныхъ положеній.

Вліяніе солнечныхъ пятенъ на землю.

Производитъ ли періодичность солнечныхъ пятенъ какое либо замѣтное вліяніе на землю? Этотъ вопросъ еще важнѣе, чѣмъ вопросъ о причинѣ самой періодичности. Если же она производитъ дѣйствіе на землю, то какое? Въ этомъ вопросѣ астрономическій міръ раздѣленъ на два почти враждебныхъ лагеря; до того велико различіе взглядовъ! Одна партія поддерживаетъ мнѣніе, что состояніе солнечной поверхности это—опредѣляющій дѣятель земной метеорологіи, который даетъ себя чувствовать въ нашихъ температурѣ, барометрическомъ давленіи, выпаденіи дождя, циклонахъ, урожаяхъ и даже финансовомъ положеніи. Поэтому нужно наблюдать солнце самымъ тщательнымъ образомъ—въ видахъ не только научныхъ, но и экономическихъ.

Другая партія утверждаетъ, что нѣтъ и не можетъ быть никакого чувствительнаго вліянія на землю со стороны такихъ слабыхъ измѣненій въ солнечныхъ свѣтѣ и теплотѣ, хотя, разумѣется, всѣ допускаютъ связь между солнечными пятнами и состояніемъ элементовъ земного магнитизма. Повидимому, довольно ясно, что мы еще не въ состояніи рѣшить вопросъ въ томъ или другомъ смыслѣ. Для такого рѣшенія необходимы: спеціально поставленныя наблюденія и періодъ, гораздо болѣе продолжительный. Во всякомъ случаѣ, изъ тѣхъ данныхъ, которыми мы располагаемъ въ настоящее время, ученые очень способные и очень трудолюбивые дѣлаютъ выводы, совершенно противоположные.

Конечно, еще не доказано, чтобы солнечныя пятна не имѣли вліянія, которое имъ приписываютъ ихъ поклонники. Поэтому мы обязаны изслѣдовать предметъ самымъ тщательнымъ образомъ. Съ другой стороны, совсѣмъ неизвѣстно, найдемъ-ли мы трудъ изслѣдованія полезнымъ въ желательномъ смыслѣ и въ желательной степени. Тѣмъ не менѣе, кто ревностно ищетъ истины, можетъ быть увѣреннымъ, что такъ или иначе будетъ вознагражденъ.

Я сказалъ, что нѣтъ никакого сомнѣнія въ связи между солнечными пятнами и земнымъ магнитизмомъ.

Въ 1850 году Ламонъ въ Мюнхенѣ обратилъ вниманіе на тотъ фактъ, что среднія суточныя движенія магнитной стрѣлки представляютъ періодъ: на основаніи наблюденій, охватывавшихъ нѣсколько десятилѣтій, Ламонъ опредѣлилъ величину періода въ $10^1/_3$ года.

Можетъ быть, здѣсь необходимо сказать нѣсколько пояснительныхъ словъ. Каждый знаетъ, что магнитная стрѣлка направлена не прямо на сѣверъ; ея отклоненіе отъ истиннаго меридіана для различныхъ мѣстъ неодинаково. Для

Атлантическаго берега Соединенныхъ Штатовъ, напримѣръ, сѣверный полюсъ магнита лежитъ къ сѣверо-западу, для Тихоокеанскаго берега къ сѣверо-востоку. Въ каждомъ данномъ мѣстѣ направленіе стрѣлки непрерывно измѣняется; измѣненія эти подобны перемѣнамъ температуры воздуха; отчасти они правильны и поддаются предсказанію, отчасти не слѣдуютъ никакому закону, насколько мы можемъ видѣть.

Одно изъ самыхъ замѣчательныхъ правильныхъ измѣненій въ положеніи магнитной стрѣлки это—такъ называемое суточное колебаніе. Въ теченіе первой части дня, между солнечнымъ восходомъ и однимъ или двумя часами пополудни, сѣверный полюсъ магнитной стрѣлки движется въ Соединенныхъ Штатахъ къ западу; около 10 часовъ вечера возвращается къ своему среднему положенію и затѣмъ въ теченіе ночи остается почти постояннымъ. Амплитуда этого колебанія въ Соединенныхъ Штатахъ равняется почти 15′ дуги лѣтомъ и почти вдвое меньше зимой: но въ различныхъ мѣстностяхъ и въ различныя времена она представляетъ значительныя различія. Кромѣ того, какъ открылъ Ламонъ, средняя амплитуда этого суточнаго колебанія на любой обсерваторіи возростаетъ и убываетъ довольно правильно; величина періода, по его вычисленіямъ,—10¹/₃ года. Какъ только Швабе объявилъ о періодичности солнечныхъ пятенъ, Сабинъ въ Англіи, Готье во Франціи и Вольфъ въ Швейцаріи одновременно и независимо одинъ отъ другого замѣтили совпаденіе между максимумами пятенъ и магнитныхъ колебаній. Фай пытался одно время опровергнуть это заключеніе. Чтобы оправдать свое мнѣніе, онъ настойчиво указываетъ, будто, по наблюденіямъ Кассини, магнитный максимумъ имѣлъ мѣсто въ началѣ 1787 года. Промежутокъ, протекшій между этою эпохой и послѣднимъ магнитнымъ максимумомъ близъ конца 1870 года, раздѣленъ Фаемъ на 8; это—число промежуточныхъ періодовъ. Такъ онъ находитъ, что средній магнитный періодъ равенъ 10, 45, а не 11, 11. Противъ этого можно сдѣлать возраженіе: наблюденія солнечныхъ пятенъ и магнитныхъ элементовъ въ концѣ XVIII столѣтія скудны и неудовлетворительны, такъ что для точнаго опредѣленія максимумовъ и минимумовъ не хватаетъ данныхъ. Въ 1885 году Фаю пришлось уступить, потому что вѣсъ доказательствъ постоянно возросталъ; онъ склонился къ общепринятому выводу, который нынѣ внѣ спора.

Самымъ убѣдительнымъ доказательствомъ, что предполагаемая связь дѣйствительно существуетъ, является точность, съ какою магнитная кривая воспроизводитъ кривую солнечныхъ пятенъ; это стало яснымъ съ тѣхъ поръ, какъ мы обладаемъ непрерывными и удовлетворительными наблюденіями. На рисункѣ 79 пунктирныя кривыя представляютъ среднее значеніе магнитныхъ колебаній, выведенное Вольфомъ изъ различныхъ рядовъ наблюденій. Съ 1820 года до 1895 года запись почти непрерывна, и совпаденіе кривыхъ не оставляетъ никакихъ сомнѣній въ указанной связи *).

Обзоръ записей полярнаго сіянія даетъ этому доказательству новую силу. По временамъ случаются такъ называемыя „магнитныя бури“: въ теченіе 1—2 ча-

---

*) Бальфуръ Стюартъ изслѣдовалъ наблюденія, произведенныя въ Кью между 1856 и 1867 годами. Его работа дѣлаетъ очевиднымъ отмѣченное выше соотношеніе и показываетъ, кажется, что магнитныя перемѣны почти на пять мѣсяцевъ отстаютъ отъ солнечныхъ пятенъ.

совъ стрѣлка буссоли движется почти сумасброднымъ образомъ, колеблясь на 5° или даже на 10°. Эти „бури“, вообще, сопровождаются полярнымъ сіяніемъ; полярное-же сіяніе всегда сопровождается магнитнымъ возмущеніемъ.

Сопоставимъ наблюденія полярныхъ сіяній съ наблюденіями солнечныхъ пятенъ. Это съ большою тщательностью и вниманіемъ выполнилъ Лумисъ. Окажется, что между кривыми полярныхъ сіяній и солнечныхъ пятенъ существуетъ почти полный параллелизмъ.

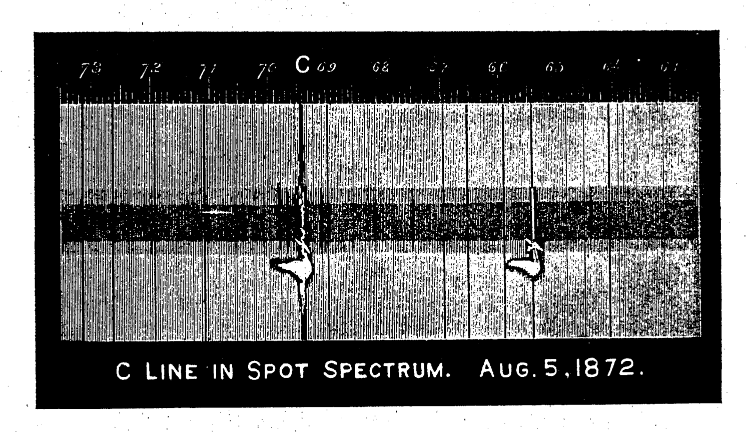
Мы найдемъ также вмѣстѣ съ Шерманомъ изъ Торонто и Видеромъ изъ Лайонса въ штатѣ Нью-Іоркъ, что полярныя сіянія часто происходятъ, такъ сказать, рядами, слѣдуя другъ за другомъ въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ почти чрезъ правильные промежутки въ 27,275 дня. Послѣднее число весьма близко подходитъ къ періоду видимаго экваторіальнаго (синодическаго) вращенія солнца. Это обстоятельство, разумѣется, придаетъ большую или меньшую вѣроятность той мысли, что появленіе полярныхъ сіяній связано съ положеніемъ, какое занимаютъ относительно земли извѣстныя части солнечной поверхности. Видеръ полагаетъ, что возмущенныя области на солнцѣ особенно вліяютъ на земной магнитизмъ въ тотъ моментъ, когда эти области близки къ восточному краю солнца и только-только дѣлаются видными у насъ на землѣ. Но почему въ направленіи, касательномъ къ солнечной поверхности и въ плоскости солнечнаго экватора возмущеніе должно распространяться сильнѣе, чѣмъ въ любомъ иномъ направленіи? Для этого нѣтъ никакого очевиднаго основанія. Правда, для поддержки своего мнѣнія Видеръ безспорно можетъ распоряжаться большимъ числомъ совпаденій. Но существуетъ немало случаевъ, гдѣ область солнечнаго возмущенія была близъ средины солнечнаго диска. Таковы, напримѣръ, большія магнитныя бури и полярныя сіянія 13 февраля 1892 года и 17 ноября 1882 года. Здѣсь стоитъ привести выдержку изъ статьи Маундера, астронома Гринвичской обсерваторіи. Статья относится къ этимъ и двумъ другимъ группамъ пятенъ почти равной величины, которыя вмѣстѣ появились въ апрѣлѣ 1882 года. Онъ пишетъ:

„За періодъ приблизительно въ 19 лѣтъ (съ 1873 до 1892 года) у насъ было три особенно выдающихся магнитныхъ бури. За тотъ-же періодъ трижды наблюдались большія солнечныя пятна, далеко превосходившія всѣ другія; при этомъ обѣ группы, появившіяся въ апрѣлѣ 1882 года, мы считаемъ за одну. Оказывается, что три магнитныя бури совпадали съ наибольшимъ развитіемъ пятенъ. Можно-ли уклониться отъ вывода, что оба явленія имѣютъ дѣйствительное соотношеніе и связь? Это соотношеніе можетъ быть прямымъ;—можетъ быть косвеннымъ и только второстепеннымъ; но оно должно быть вещественнымъ и дѣйствительнымъ“ („Knowledge“, май 1892 года).

Не легко создать удовлетворительную теорію для объясненія этой связи между солнечными возмущеніями и земнымъ магнитизмомъ. Связь эта едва-ли устанавливается чрезъ посредство температуры. Вліяніе солнечныхъ пятенъ въ отношеніи температуры такъ слабо, что до сихъ поръ еще не рѣшенъ вопросъ, больше или меньше средняго количества теплоты получаемъ мы отъ солнца въ теченіе максимума солнечныхъ пятенъ. Магнитное соотношеніе, вѣроятно, является болѣе непосредственнымъ и прямымъ. Возможно, что оно родственно съ силой, отталкивающею вещество кометныхъ хвостовъ. Существованіе послѣдней указываетъ, что

въ междупланетномъ пространствѣ, помимо тяготѣнія, дѣйствуютъ иныя силы. Поэтому нѣтъ ничего невозможнаго, что между пятнами и магнитизмомъ земли существуетъ, какъ предполагаетъ Маундеръ, соотношеніе косвенное, вытекающее изъ дѣйствія нѣкоторой космической причины на солнце и землю вмѣстѣ.

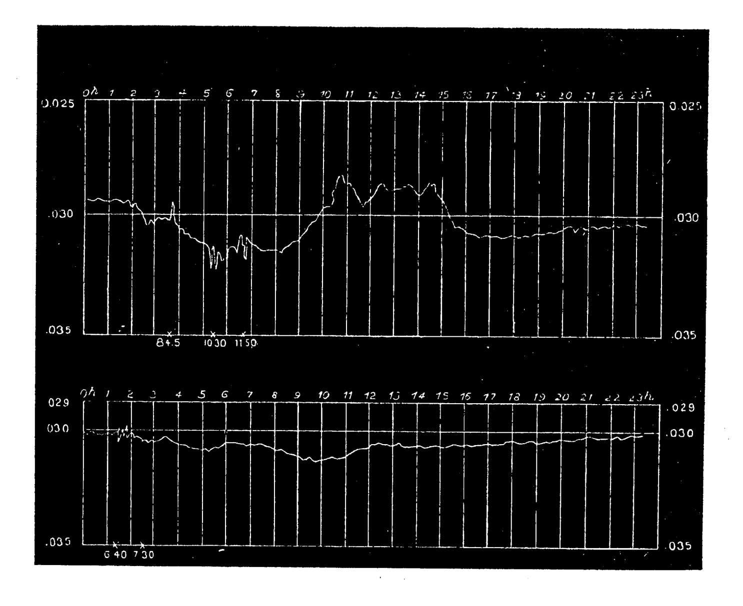
Извѣстное число наблюдавшихся примѣровъ недостаточно для доказательства факта. Всетаки весьма вѣроятно, что каждое напряженное возмущеніе солнечной поверхности со скоростью свѣта распространяется на нашъ земной магнитизмъ. Одинъ примѣръ извѣстенъ автору изъ ряда спектроскопическихъ наблюденій на горѣ Шерманъ. 3 августа 1872 г. часть хромосферы, смежная съ солнечнымъ пятномъ, которое только-что показалось на краю диска, подверглась значительному возмущенію—нѣсколько разъ за одно утро. Съ солнца извергались лучи свѣтящейся матеріи напряженнаго блеска, и темныя линіи спектра въ теченіе нѣсколькихъ



81. **С—линія въ спектрѣ пятна.**
5 августа 1872 года.

минутъ были обращены сотнями. Наблюдалось три особенно замѣчательныхъ пароксизма: въ 8 ч. 45 м., 10 ч. 30 м., 11 ч. 50 м. утра по мѣстному времени. Въ обѣденное время фотографъ экспедиціи, опредѣлявшій магнитныя постоянныя нашей станціи, говорилъ мнѣ, ничего не зная о моихъ наблюденіяхъ, что онъ вынужденъ былъ прекратить работу, потому что магнитная стрѣлка совсѣмъ вышла изъ шкалы. Двумя днями позже пятно обошло вокругъ края солнца. Утромъ 5 августа я началъ наблюденія въ 6 ч. 40 м. и въ теченіе почти часа былъ очевидцемъ самыхъ замѣчательныхъ явленій, какія я когда либо видѣлъ. Въ спектрѣ ядра были обращены и ярко блестѣли линіи водорода вмѣстѣ съ многими другими; въ то-же время въ одной точкѣ полутѣни линія С испустила нѣчто въ родѣ пламени паяльной трубки. Это пламя было направлено къ верхнему концу спектра и указывало на движеніе вдоль линіи зрѣнія со скоростью 190 километровъ въ секунду. Движеніе прекращалось и возобновлялось чрезъ промежутки въ 1—2 минуты. Рисунокъ 81 даетъ представленіе о видѣ спектра. Возмущеніе прекратилось раньше 8 часовъ и въ то утро больше не возобновилось.

Я написалъ въ Англію и, благодаря любезности сэра Джорджа Бидделя Эри и преподобнаго Перри, получилъ изъ Гринвича и Стонихерста копіи фотографическихъ магнитныхъ записей за эти два дня. Рисунокъ уменьшенъ съ гринвичской кривой. Кривая, полученная въ Стонихерстѣ по существу одинакова. Мы видимъ, что 3 августа, въ день общаго магнитнаго возмущенія, три пароксизма, замѣченные мной на горѣ Шерманъ, сопровождались въ Англіи особенными магнитными сотрясеніями. День 5 августа въ магнитномъ отношеніи былъ спокойнымъ, но именно въ теченіе того часа, когда солнечное пятно было дѣятельнымъ, магнитная стрѣлка колебалась и дрожала. Магнитное дѣйствіе солнца было повидимому мгновеннымъ.



Копія съ фотографической записи вертикальной магнитной силы— 3 авг. 1872 г.

Вертикальная сила 5 авг. 1872 года.

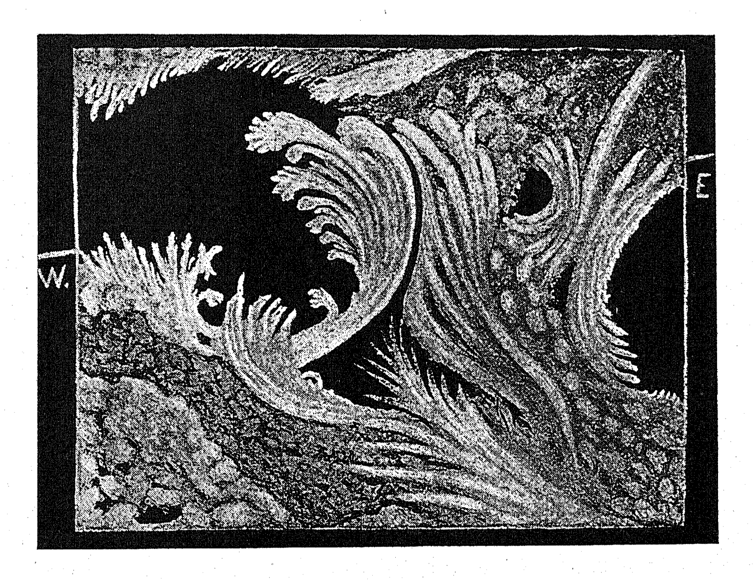
82. **Магнитныя кривыя въ Гринвичѣ.**
3 и 5 августа 1872 года.

Если принять въ разсчетъ географическую долготу, магнитное возмущеніе въ Англіи является вполнѣ одновременнымъ со спектральнымъ возмущеніемъ, замѣченнымъ въ Скалистыхъ Горахъ; разница не больше минутъ пяти. Но время на горѣ Шерманъ не было записано съ большою точностью.

Конечно, двухъ или трехъ совпаденій въ родѣ приведенныхъ нами совершенно недостаточно, чтобы установить ученіе о непосредственномъ магнитномъ дѣйствіи солнца на землю; но подобныя совпаденія придаютъ этому ученію такую вѣроятность, что оправдываютъ внимательное изслѣдованіе предмета. Нужно сознаться, что это—дѣло не легкое, потому что для него требуется непрерывное наблюденіе солнечной поверхности.

Можно прибавить къ этому, что многія поразительныя возмущенія, наблюдавшіяся на солнцѣ при возникновеніи высокихъ выступовъ, не получали никакого магнитнаго отвѣта отъ земли. Наблюдались также большія полярныя сіянія без-

всякаго очевиднаго отношенія къ солнцу. Въ данномъ случаѣ всѣ доводы говорятъ за предположеніе, что большинство магнитныхъ возмущеній, отмѣченныхъ на извѣстной обсерваторіи, являются чисто мѣстными: у нихъ нѣтъ ничего общаго съ солнцемъ. Другія возмущенія были приписаны дѣйствію луны; возможно затѣмъ, что нѣкоторыя возмущенія происходятъ отъ причинъ, дѣйствующихъ въ междупланетномъ пространствѣ. Солнечныя возмущенія являются причиной не всѣхъ магнитныхъ бурь, а только нѣкоторыхъ изъ нихъ, причиной, по всей вѣроятности, лишь въ томъ смыслѣ, въ какомъ движеніе курка „причиняетъ" полетъ ружейной пули: здѣсь нѣтъ нужды ни въ какой пропорціональности между такою причиной и ея дѣйствіемъ.



83. **Пятно 13 февраля 1892 года.**

Въ этотъ день поверхность однихъ только ядеръ пятна было въ $12^1/_2$ разъ больше всей поверхности земли. Вся площадь пятна вмѣстѣ съ полутѣнью превосходила поверхность земли въ 82 раза.

Было-бы несправедливо по отношенію къ нашимъ читателямъ обойти молчаніемъ замѣчанія лорда Кельвина въ новой его рѣчи, произнесенной имъ, какъ предсѣдателемъ Королевскаго Общества (ноябрь 1892 года). Какъ видно изъ этой рѣчи, онъ не согласенъ съ принятымъ взглядомъ на соотношеніе, о которомъ мы только-что разсуждали. Взявъ, какъ примѣръ, магнитную бурю 25 іюня 1885 года, онъ вычисляетъ, что „за эти 8 часовъ не очень сильной магнитной бури солнце, посылая по всѣмъ направленіямъ магнитныя волны, должно было выполнить такую работу, какую при правильномъ расходѣ теплоты и свѣта оно совершаетъ только въ 4 мѣсяца. Этотъ результатъ", прибавляетъ онъ: „по моему мнѣнію, безусловно опровергаетъ предположеніе, что магнитныя бури на землѣ вызываются магнитнымъ или другимъ какимъ-то дѣйствіемъ, исходящимъ отъ солнца,

также,—что онѣ связаны съ ураганами въ солнечной атмосферѣ, или гдѣ-нибудь близъ поверхности солнца. Кажется, мы вынуждены заключить, что предполагаемой связи между магнитными бурями и солнечными пятнами не существуетъ въ дѣйствительности, и что кажущееся согласіе между періодами было простымъ совпаденіемъ".

Уважая высокій авторитетъ лорда Кельвина и не сомнѣваясь въ точности его выкладокъ, мы думаемъ, что въ дѣйствительности выкладки эти не болѣе убѣдительны, чѣмъ всякое вычисленіе, цѣль котораго показать, что работа взрыва далеко превосходитъ работу человѣка, нажавшаго спускъ курка. Каковъ механизмъ связи,—это можетъ остаться и дѣйствительно остается неизвѣстнымъ. Но статистика не оставляетъ никакого сомнѣнія въ дѣйствительномъ существованіи этой связи. Можетъ статься, какъ мы указали выше, что и солнечное, и земное возмущенія имѣютъ общее начало въ какомъ либо вторженіи силы или вещества изъ внѣшняго пространства, — что волненіе на солнцѣ братъ, а не отецъ полярнаго сіянія на землѣ.

Что касается воздѣйствія солнечныхъ пятенъ на земную температуру, то въ настоящее время невозможно сдѣлать никакого вывода. Сами пятна, какъ показали Генри, Секки, Ланглей и другіе, несомнѣнно излучаютъ меньше тепла, чѣмъ общая поверхность солнца. По весьма обработаннымъ опредѣленіямъ Ланглея, тѣнь пятна испускаетъ около 54⁰/₀ *), а полутѣнь около 80⁰/₀ того количества теплоты, какое посылаетъ соотвѣтственная площадь фотосферы. П р я м о е дѣйствіе солнечныхъ пятенъ производитъ поэтому охлажденіе земли. Такъ какъ вся площадь, покрытая пятнами, даже во время максимума никогда не превосходитъ $^1/_{500}$ общей поверхности солнца, отсюда слѣдуетъ, что пятна могутъ п р я м о уменьшить нашъ запасъ тепла почти на $^1/_{1000}$ всего количества. Будетъ ли это дѣйствіе ощутительно или нѣтъ— это вопросъ, на который нелегко отвѣтить.

Но, если-бы прямое дѣйствіе пятенъ было дѣйствительно такимъ, вполнѣ правдоподобно, что оно по меньшей мѣрѣ сполна уравновѣшивается другимъ дѣйствіемъ противоположнаго характера. Мы получаемъ свѣтъ и тепло отъ фотосферы, покрытой газообразной атмосферой. Въ этой атмосферѣ происходитъ значительное поглощеніе. Если уровень фотосферной поверхности возмущенъ, она покрывается волнами и возвышеніями значительной вышины сравнительно съ толщиной вышележащей атмосферы. Тогда, какъ показалъ Ланглей, излученіе сразу увеличивается. Для тѣхъ частей фотосферы, которыя опустились ниже своего обыкновеннаго уровня, поглощеніе возростаетъ въ извѣстномъ процентномъ отношеніи; въ то же время оно въ г о р а з д о б о л ь ш е й с т е п е н и у м е н ь ш а е т с я для тѣхъ частей, которыя были подняты.

---

*) Новѣйшія наблюденія, которыя въ 1893 году сдѣлалъ Уильсонъ въ Дарамонѣ въ Ирландіи съ «радіо-микрометрами» и другими приборами высшаго порядка, даютъ для этого отношенія около 46⁰/₀. Всѣ наблюдатели находятъ, что оно возростаетъ близъ солнечнаго края, а Ланглей и Фростъ встрѣтили случаи, гдѣ тѣнь пятна была повидимому теплѣе окружающей фотосферы.

Если этотъ фактъ не вытекаетъ изъ какой-либо погрѣшности наблюденія, трудно объяснить его, соглашаясь съ теоріей, что пятна это—впадины. Но онъ является неизбѣжнымъ, если пятна представляютъ, подобно факеламъ, массы, плавающія на нѣкоторой высотѣ надъ фотосферой.

Причина слѣдующая. Свѣтящійся предметъ, погруженный въ поглощающую среду, при первомъ футѣ погруженія теряетъ гораздо больше свѣта, чѣмъ при второмъ; а при второмъ больше, чѣмъ при третьемъ. Отсюда выводъ: когда предметъ достигъ значительной глубины, понадобится погрузить его на много футовъ, чтобы излученіе уменьшилось на ту-же величину, какъ при первомъ футѣ. Допустимъ, что солнечныя пятна сопровождаются значительнымъ вертикальнымъ возмущеніемъ фотосферы,—это почти внѣ сомнѣнія; вмѣстѣ съ возмущеніемъ будетъ возростать и излученіе. Этимъ путемъ съ большею или меньшею полнотою будетъ возмѣщено противоположное дѣйствіе, болѣе очевидное съ перваго взгляда.

Такимъ образомъ, вполнѣ вѣроятно, что пятна либо происходятъ отъ изверженія, либо сопровождаются изверженіемъ: внутренніе болѣе горячіе газы во время максимума пятенъ устремляются чрезъ фотосферу въ необычайномъ количествѣ. Благодаря этому, излученіе теплоты на солнцѣ должно неизбѣжно увеличиться и при томъ на значительную величину. Съ другой стороны, изобильное и продолжительное изверженіе должно значительно увеличить толщину хромосферы; это обстоятельство должно дѣйствовать въ противоположномъ направленіи.

Невозможно, слѣдовательно, предсказать заранѣе, какой эффектъ будетъ преобладающимъ,—какъ измѣнится средняя температура земли въ теченіе максимума солнечныхъ пятенъ: повысится или понизится. Никакое сравненіе наблюденій не привело до сихъ поръ къ удовлетворительному рѣшенію вопроса. По крайней мѣрѣ, не далѣе, какъ въ 1878 году Бальфуръ Стюартъ, одинъ изъ наиболѣе свѣдущихъ ученыхъ, писалъ: „Почти, если не безусловно, невозможно вывести изъ наблюденій: теплѣе или холоднѣе солнце, какъ цѣлое, когда количество пятенъ на его поверхности наибольшее“.

Съ одной стороны, Іелинекъ изъ всѣхъ наблюденій, сдѣланныхъ надъ температурой въ Германіи до 1870 года, нашелъ, что вліяніе солнечныхъ пятенъ совершенно нечувствительно. Изъ тѣхъ же самыхъ наблюденій онъ вывелъ однако малѣйшія дѣйствія, произведенныя перемѣнами въ разстояніи и фазѣ луны. Съ другой стороны, Стонъ, бывшій въ то время королевскимъ астрономомъ на Мысѣ Доброй Надежды, и Гульдъ въ Южной Америкѣ полагаютъ, что наблюденія, сдѣланныя на ихъ станціяхъ, показываютъ явственное, хотя и слабое, уменьшеніе температуры во время максимума солнечныхъ пятенъ. Согласно съ Гульдомъ, въ Буэносъ-Айресѣ разность температуръ во время максимума и минимума доходитъ почти до 1° Ц. Онъ думаетъ также, что метеорологическія записи Аргентинской республики между 1875 и 1885 гг. показываютъ ясную связь между солнечными пятнами и силой и направленіемъ вѣтровъ на различныхъ станціяхъ. Изъ тридцатилѣтнихъ наблюденій на Мысѣ Доброй Надежды Стонъ опредѣлилъ величину разности въ $^3/_4$°. Такъ, по крайней мѣрѣ, выходитъ, если мы правильно толкуемъ его кривую температуръ, потому что не совсѣмъ ясно, какую единицу температуры онъ употребляетъ при построеніи своей діаграммы.

Піацци Смизсъ въ Эдинбургѣ нашелъ въ записяхъ горнаго термометра явственную 11-лѣтнюю періодичность, величина которой доходитъ до $^1/_2$° Ц; но максимумы температуры, вмѣсто совпаденія съ минимумами солнечныхъ пятенъ, отстаютъ отъ нихъ почти на два года.

Пожалуй, умѣстно сказать, что при настоящемъ положеніи вопроса существуетъ нѣкоторый перевѣсъ въ пользу слѣдующаго положенія: годы максимума солнечныхъ пятенъ на градусъ или около того холоднѣе, чѣмъ годы минимума. Но этотъ перевѣсъ очень ничтоженъ. Первый, кто произведетъ новое изслѣдованіе по этому вопросу, можетъ сдѣлать болѣе вѣроятнымъ положеніе противоположное.

Что касается вліянія солнечныхъ пятенъ на бури и выпаденіе дождя, свидѣтельства невполнѣ убѣдительны, какъ полагаютъ Локіеръ и нѣкоторые другіе крупные авторитеты. Всетаки они значительно сильнѣе. Въ 1872 году Мельдренъ, директоръ обсерваторіи на островѣ Маврикія, опубликовалъ сопоставленіе между численностью циклоновъ, наблюдавшихся въ Индійскомъ Океанѣ, и состояніемъ солнца. Онъ обнаружилъ, что число циклоновъ было наибольшее во время максимума солнечныхъ пятенъ. Выпишемъ его собственныя слова („Nature", томъ VI, стр. 358): Взявъ эпохи максимума и минимума солнечныхъ пятенъ и одинъ годъ въ ту и другую сторону отъ нихъ и сравнивъ число циклоновъ въ этихъ 3-лѣтнихъ періодахъ, мы получимъ слѣдующіе результаты:

ГОДЫ.		Число циклоновъ въ каждомъ году.	Общее число циклоновъ.
Максимумы	1847	4	15
	1848	6	
	1849	5	
Минимумы	1855	4	8
	1856	1	
	1857	3	
Максимумы	1859	5	21
	1860	8	
	1861	8	
Минимумы	1866	5	9
	1867	2	
	1868	2	
Максимумы	1870	3	14
	1871	4	
	1872	7	

Впослѣдствіи Мельдренъ сдѣлалъ болѣе обширныя сравненія; онъ включилъ не только циклоны въ собственномъ смыслѣ, но и другія большія бури и получилъ тѣ же самые по существу результаты. Въ то же время слѣдуетъ замѣтить, что годовыя числа измѣняются чудовищнымъ образомъ. Ссылаясь на вторую статью Мельдрена („Nature", томъ VIII, стр. 495), мы находимъ, что максимуму солнечныхъ пятенъ въ 1847—49 годахъ соотвѣтствуетъ число 23, а минимуму 1866—68 годовъ— число 21. (Мельдренъ округляетъ немного первый максимумъ солнечныхъ пятенъ,

употребляя въ своемъ сравненіи годы 1848—50; но этого, казалось бы, не слѣдовало допускать, потому что эпоха максимума пятенъ—1848,1; употребляя указанные годы, Мельдренъ получаетъ не 23, а 26).

Измѣненія изъ года въ годъ очень велики; достаточно сказать, что наблюденія едва-ли могутъ считаться доказательными безъ дальнѣйшаго подтвержденія изъ другихъ источниковъ.

Мельдренъ пытался дать это подтвержденіе, составивъ таблицу дождей на нѣкоторыхъ станціяхъ Индѣйскаго океана и близъ него. Онъ получилъ результатъ, который, въ общемъ, подтверждаетъ прежній выводъ, хотя и есть разногласія. Локіеръ изъ наблюденій надъ выпаденіемъ дождя на Мысѣ Доброй Надежды и въ Мадрасѣ получилъ числа, подкрѣпляющія результатъ Мельдрена.

Въ позднѣйшей статьѣ, напечатанной въ „Monthly Notices of the Mauritius Meteorological Society" за декабрь 1878 года, Мельдренъ разсматриваетъ выпаденіе дождя болѣе, чѣмъ на 50 станціяхъ во всѣхъ частяхъ земли, а также уровни многихъ главныхъ европейскихъ рѣкъ. Его разсужденіе обнимаетъ почти всѣ имѣющіяся данныя съ 1824 до 1867 года. Должно воздать Мельдрену справедливость: его обработка предмета кажется достаточно тщательною и вполнѣ правильною. Получается результатъ, благопріятный для его мнѣнія, что существуетъ связь между ежегоднымъ выпаденіемъ дождя и состояніемъ солнечной поверхности. Онъ находитъ, что среднее выпаденіе дождя равно для земли приблизительно 38,5 дюйма въ годъ; разница между максимумомъ и минимумомъ около 4 дюймовъ; наибольшее выпаденіе дождя приходится почти годомъ позже максимума солнечныхъ пятенъ, хотя на разныхъ станціяхъ замѣчаются значительныя отклоненія. Въ самомъ дѣлѣ, въ нѣкоторыхъ странахъ и въ извѣстныя эпохи (въ Соединенныхъ Штатахъ, напримѣръ, между 1834 и 1843 годами) результаты противорѣчатъ теоріи, но общее совпаденіе поразительно. Оно повидимому оправдываетъ заключеніе Мельдрена, что „среднія количества выпадающаго дождя въ Великобританіи, на материкѣ Европы, въ Америкѣ и въ Индіи, насколько они представлены всѣми полученными до сихъ поръ донесеніями, измѣнялись, не взирая на аномаліи, такъ же, какъ Вольфовы числа солнечныхъ пятенъ; эпохи максимума и минимума дождя приблизительно совпадали съ эпохами максимума и минимума пятенъ. Наблюденія надъ выпаденіемъ дождя на 5 станціяхъ въ южномъ полушаріи въ теченіе болѣе короткаго періода даютъ такіе-же результаты".

Саймонсъ по выпаденію дождя въ Англіи за протекшія 140 лѣтъ получилъ двоякій результатъ. Американскія станціи, насколько онѣ были изучены, нѣсколько противорѣчатъ станціямъ Индѣйскаго океана, показывая немного меньше дождя, чѣмъ обыкновенно бываетъ въ теченіе максимума солнечныхъ пятенъ. Но, какъ легко видѣть изъ статьи Саймонса въ „Nature", томъ VII, стр. 134—145; гдѣ онъ сопоставилъ въ таблицу огромную статистику дождей, свидѣтельства крайне противорѣчивы: по силѣ и характеру они рѣзко отличаются отъ доказательствъ магнитнаго вліянія солнечныхъ возмущеній.

Были сдѣланы и другія попытки съ цѣлью установить связь между солнечными пятнами и разнообразными земными явленіями. Такъ, Моффа въ 1874 году усиливался показать, что въ годы солнечныхъ пятенъ среднее количество атмосфернаго о з о н а нѣсколько больше, чѣмъ въ теченіе минимума пятенъ.

Другой выдающійся физикъ, имя котораго ускользнуло изъ нашей памяти, нѣсколько лѣтъ тому назадъ старался показать, что посѣщенія азіатской холеры періодичны, и что періодъ зависитъ отъ періода солнечныхъ пятенъ: онъ ровно въ $1^1/_2$ раза длиннѣе, т. е., около 15 лѣтъ. Эта періодичность, можетъ быть, дѣйствительно существуетъ; но того факта, что холерные максимумы поочередно совпадаютъ то съ максимумами, то съ минимумами пятенъ, достаточно, чтобы исключить мысль о какой либо причинной связи явленій.

Одну изъ самыхъ интересныхъ попытокъ въ этомъ направленіи сдѣлалъ профессоръ Джевонсъ, который стремился показать соотношеніе между солнечными пятнами и торговыми кризисами. Мысль эту никакъ нельзя считать нелѣпою, какъ объявили нѣкоторые; это вопросъ факта. Если солнечныя пятна въ самомъ дѣлѣ оказываютъ замѣтное вліяніе на земную метеорологію, на температуру, бури и выпаденіе дождя, они должны въ такомъ случаѣ косвенно вліять на урожаи и этимъ путемъ колебать финансовыя отношенія. Въ такой тонкой организаціи, какъ міровая торговля, достаточно во-время положить перо на чашку вѣсовъ, чтобы измѣнить ходъ торговли и кредита и вызвать небывалый подъемъ или крахъ.

У насъ нѣтъ ни времени, ни мѣста, чтобы разсмотрѣть статью Джевонса. Приходится ограничиться однимъ лишь замѣчаніемъ: факты, по нашему крайнему разумѣнію, не оправдываютъ въ достаточной мѣрѣ его вывода.

Не будетъ никакого вреда повторить и подчеркнуть сказанное нами выше: вопросъ о вліяніи солнечныхъ пятенъ не можетъ считаться закрытымъ. Единственный способъ разрѣшить его состоитъ въ непрерывномъ рядѣ тщательныхъ наблюденій, произведенныхъ спеціально для этой цѣли или, по крайней мѣрѣ, имѣющихъ отношеніе къ условіямъ задачи. Эти же наблюденія были бы полезны, какъ данныя для разнообразныхъ другихъ изслѣдованій.

Между тѣмъ довольно вѣроятно, что подобныя изслѣдованія установятъ нѣкоторое дѣйствительное вліяніе солнечныхъ пятенъ на нашу земную метеорологію и опредѣлятъ законы этого вліянія. На практикѣ не подлежитъ сомнѣнію, что такое вліяніе крайне слабо и такъ замаскировано и скрыто другими болѣе могущественными вліяніями, что крайне трудно его обнаружить.

Теоріи солнечныхъ пятенъ.

Замѣчательныя явленія солнечныхъ пятенъ, естественно, вызывали изслѣдованія относительно ихъ причины.

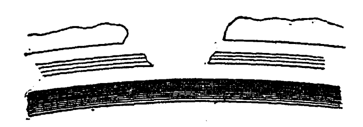
Какъ уже было упомянуто, нѣкоторые изъ первыхъ наблюдателей полагали, что пятна это—планеты, обращающіяся вокругъ солнца очень близко къ его поверхности. Галилей неопровержимо разбилъ это мнѣніе, указавъ, что въ такомъ случаѣ пятно при движеніи вокругъ солнца было бы видимо меньше половины времени. Въ свою очередь, Галилей предложилъ теорію, что пятна—облака, плавающія въ солнечной атмосферѣ.

Этотъ взглядъ въ томъ или другомъ видѣ поддерживался съ того времени многими астрономами высокаго авторитета. Дергемъ думалъ, что эти облака—изверженія солнечныхъ вулкановъ; въ новѣйшее время эту теорію принялъ и защищалъ Капочи. Петерсъ, кажется, въ 1846 году относился къ ней благосклонно, но

крайней мѣрѣ, что касается вулканической части гипотезы. Между тѣмъ Кирхгофъ стоялъ повидимому на сторонѣ первоначальнаго мнѣнія Галилея. Если мнѣніе Галилея истолковать въ томъ смыслѣ, что солнечныя пятна—массы облачнаго вещества, менѣе свѣтящагося, чѣмъ фотосфера, и плавающаго въ фотосферѣ, а не надъ фотосферой, вѣроятно, весьма значительное число изслѣдователей солнечной физики примкнутъ нынѣ къ этому мнѣнію. Галилей однако думалъ, что облака, образующія пятна, находятся высоко надъ блестящею поверхностью,—теперь мы знаемъ, что это невѣрно. Дѣйствительно, наблюденія Уильсона съ 1769 г., о которыхъ мы говорили выше, и вся масса наблюденій, сдѣланныхъ послѣ него, поставили внѣ сомнѣнія, что тѣнь солнечнаго пятна лежитъ на нѣсколько сотъ километровъ ниже уровня фотосферы *).

Однако Лаландъ не былъ расположенъ принять ученіе Уильсона и утверждалъ, что солнечныя пятна—вершины солнечныхъ горъ, выступающія надъ свѣтящеюся поверхностью,—острова среди океана огня. По этой гипотезѣ, полутѣнь принимается за склоны горъ, видимые сквозь полупрозрачное пламя. Слѣдуетъ замѣтить, что упомянутыя теоріи,—такъ же, какъ и теорія сэра Вильяма Гершеля, исходятъ изъ предположенія, что центральное ядро солнца твердо.

Около начала текущаго столѣтія серъ Вильямъ Гершель, послѣ тщательнаго изученія фактовъ, но подъ сильнымъ вліяніемъ той мысли, что солнце (по теологическимъ доводамъ) должно быть тѣломъ обитаемымъ, предложилъ гипотезу, устоявшую безъ всякихъ измѣненій въ теченіе почти полувѣка.



84. **Теорія В. Гершеля.**

Гершель предположилъ, что центральная часть солнца твердая; ея поверхность холодная и несвѣтящаяся; на ней есть обитатели. Вокругъ нея два слоя облаковъ. Внѣшній слой, это—фотосфера, раскаленная, пылающая съ невообразимою силой. Внутренній слой не свѣтится; самъ по себѣ онъ теменъ, но способенъ отражать свѣтъ отъ своей поверхности; онъ дѣйствуетъ, какъ экранъ, защищающій нижележащую область отъ теплоты фотосферы. Пятна, по его предположенію, это—временныя отверстія въ облакахъ, чрезъ которыя мы можемъ видѣть темную поверхность центральнаго шара. Полутѣнь производится промежуточнымъ слоемъ облаковъ, въ которомъ отверстіе меньше, чѣмъ въ фотосферѣ. Эту теорію иллюстрируетъ рисунокъ 84. Что касается до происхожденія такихъ отверстій, Гершель не высказалъ никакого рѣшительнаго мнѣнія; но намекалъ, что отверстія могутъ происходить, благодаря вулканическимъ изверженіямъ, пробивающимъ путь чрезъ верхнія области атмосферы.

Много лѣтъ спустя, его сынъ, сэръ Джонъ Гершель, предложилъ такое объясненіе: пятна это—не изверженія, пробивающія путь наружу, а громадные вихри, нисходящіе чрезъ фотосферу и облака. Вращеніемъ солнца производится скопленіе

*) Но мы не должны пропускать ни выводовъ Хоулета (стр. 98), ни наблюденій Уильсона и Фроста (примѣчаніе къ стр. 126).

солнечной атмосферы у экватора; это утолщаетъ слой, препятствующій излученію тепла. При такомъ положеніи вещей на солнцѣ, какъ и на землѣ, хотя по совершенно иной причинѣ, температура въ экваторіальныхъ областяхъ должна быть выше, чѣмъ въ прочихъ. Отсюда вытекаетъ длинная цѣпь слѣдствій,—между прочимъ: солнечная атмосфера должна быть возмущена теченіями, подобными пассатнымъ вѣтрамъ на землѣ; по обѣ стороны экватора должны обозначиться пояса бурь; этими-то бурями объясняется происхожденіе пятенъ.

Приведенная причина дѣйствительно возможна,—по крайней мѣрѣ, въ извѣстной степени. Вращеніе солнца должно увеличить толщину атмосфернаго слоя, лежащаго надъ фотосферой (должно въ томъ случаѣ, если поверхности фотосферы и хромосферы лежатъ на опредѣленномъ уровнѣ). Эта причина повыситъ истинную температуру солнечнаго экватора. Въ то-же время она уменьшитъ излученіе, направленное къ землѣ, слѣдовательно, произведетъ кажущееся охлажденіе солнечнаго экватора, по крайней мѣрѣ, для наблюдателя, помѣщеннаго на землѣ. Но, насколько можно судить, это дѣйствіе совершенно нечувствительно; такъ и должно быть, потому что вращеніе солнца такъ медленно. Въ движеніи пятенъ также совсѣмъ не обнаруживается систематическаго стремленія къ сѣверу или югу, какое неизбѣжно произвели-бы солнечные пассаты.

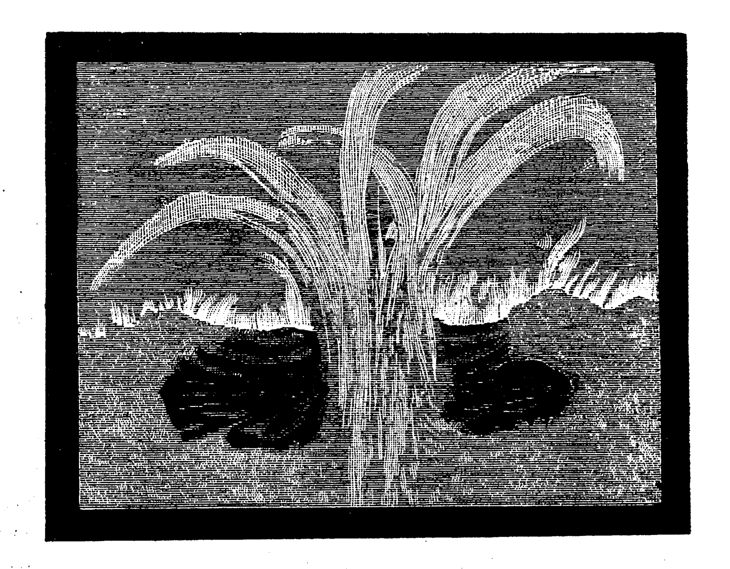
Теорія Гершеля старшаго удовлетворяетъ всѣмъ телескопическимъ изображеніямъ солнечныхъ пятенъ, пожалуй, лучше всякой другой. Ея слабое мѣсто—предположеніе, будто главная часть солнца—твердая масса. Въ настоящее время это предположеніе почти единодушно признано несовмѣстнымъ съ нашими свѣдѣніями о температурѣ, излученіи и составѣ солнца.

Новѣйшимъ физикамъ кажется неизбѣжнымъ выводъ, что центральная масса солнца должна быть газообразною или, по крайней мѣрѣ, нетвердою. Исходя изъ этой идеи, Фай и Секки независимо другъ отъ друга предложили около 1868 года теорію, что пятна-отверстія въ фотосферѣ, чрезъ которыя внутренніе газы прорываются наружу. Мы представляемъ одинъ изъ рисунковъ Секки, иллюстрирующій этотъ взглядъ. Теорія была оставлена авторами, какъ только ясно обнаружилось, что въ этомъ случаѣ спектръ тѣни солнечнаго пятна состоялъ-бы изъ яркихъ линій. Самъ Секки и другіе показали, что на дѣлѣ бываетъ совсѣмъ иначе. Спектръ тѣни солнечнаго пятна вызывается усиленнымъ поглощеніемъ; онъ свидѣтельствуетъ, по всей вѣроятности, не объ изверженіи горячихъ газовъ чрезъ фотосферу, а скорѣе о нисхожденіи болѣе холоднаго и менѣе свѣтящагося вещества. Въ связи съ этимъ мы можемъ отослать читателя къ опытамъ автора и Дюнера (стр. 100—101). Но эта теорія обладаетъ большою живучестью. На ней настаиваетъ Прокторъ въ своемъ сочиненіи „Старая и новая астрономія“; она постоянно и неизбѣжно является въ популярныхъ книжкахъ.

Около 1870 года своеобразную теорію предложилъ Целльнеръ. Въ ней много хорошихъ сторонъ; но противъ нея выставлены роковыя повидимому возраженія; у нея очень мало защитниковъ. Целльнеръ представляетъ солнечную поверхность жидкою: это—расплавленная масса, покрытая парообразной атмосферой. Эта жидкая поверхность въ разныхъ мѣстахъ покрыта, по его мнѣнію, шлаковидными массами; ихъ способность къ лучеиспусканію вслѣдствіе мѣстнаго охлажденія значительно понижена. Близъ ихъ краевъ струи солнечнаго пламени вы-

ваются съ удвоенною яростью; въ центрѣ-же болѣе холодная масса шлаковъ опредѣляетъ теченіе книзу. Такимъ образомъ, въ солнечной атмосферѣ устанавливается мощный круговоротъ; теченіе направлено: въ центрѣ пятна—книзу; у поверхности шлака по всѣмъ направленіямъ наружу; у краевъ шлака—снизу вверхъ; въ области лежащей надъ шлакомъ—внутрь къ центру. Эта теорія удивительнымъ образомъ согласуется со спектральными явленіями. Но гипотеза сплошной жидкой оболочки достаточно холодной, чтобы допустить образованіе шлака, кажется несовмѣстною съ другими явленіями, вслѣдствіе которыхъ невозможно допустить столь низкую температуру на столь большой глубинѣ.

Въ настоящее время мнѣнія по большей части раздѣлились между двумя соперничающими теоріями, предложенными Фаемъ и Секки.



85. **Первая теорія Секки.**

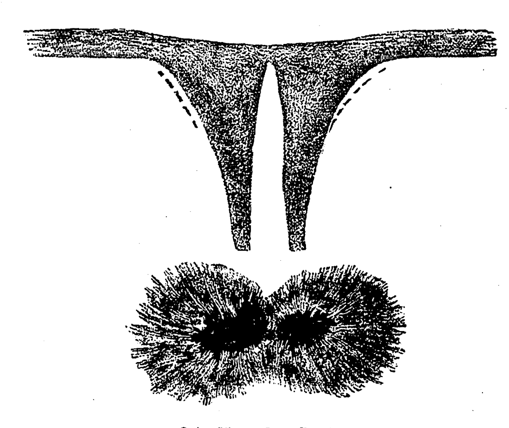
Фай полагаетъ, что солнечныя пятна—результаты солнечныхъ бурь. Секки же думаетъ, что пятна—это густыя облака изъ продуктовъ изверженія, осѣдающихъ въ фотосферѣ близъ, но не въ точкахъ, откуда они выброшены.

Должно напомнить, что, по мнѣнію Фая, своеобразный законъ вращенія солнца объясняется слѣдующимъ образомъ: восходящія массы паровъ, образующія своимъ сгущеніемъ фотосферу, поднимаются изъ слоя, глубина котораго правильно убываетъ съ приближеніемъ отъ экватора къ полюсамъ. Отсюда происходятъ теченія, параллельныя экватору. Слѣдствіе то, что смежныя части фотосферы обладаютъ относительнымъ движеніемъ. На экваторѣ и полюсахъ это движеніе исчезаетъ, но весьма значительно въ среднихъ широтахъ. Теорія Фая заключается собственно въ томъ, что вслѣдствіе этого относительнаго движенія образуются круговороты, какъ мы объяснили выше. Они превращаются въ циклоны и вихри, подобные тѣмъ водоворотамъ, которые происходятъ, когда быстрое теченіе встрѣчаетъ на пути препятствіе.

Такіе водовороты, какъ всѣмъ извѣстно, имѣютъ видъ воронокъ, въ которыхъ плавающія вещества и воздухъ увлекаются на значительную глубину. Подобнымъ-же образомъ происходятъ, по мнѣнію Фая, земные циклоны и торнадо; въ этомъ онъ расходится съ общепринятыми теоріями. Они начинаются сверху и спускаются въ атмосферу все ниже и ниже, пока вершина вихря не достигнетъ и не станетъ мести земли. Такой вихрь, если примѣнить солнечный масштабъ, и составляетъ, по убѣжденію Фая, сущность солнечнаго пятна.

Сразу очевидно, что эта теорія даетъ разумное объясненіе распредѣленія пятенъ на два параллельныхъ пояса по обѣ стороны солнечнаго экватора и что вихревое движеніе, которое выставляется причиною пятенъ, представляетъ дѣйствительную причину.

Теорія эта весьма хорошо согласуется также съ явленіями, сопровождающими дѣленіе пятенъ, потому что водовороты и циклоны въ земной атмосферѣ происходятъ точно такимъ же путемъ. Затѣмъ она хорошо соотвѣтствуетъ показаніямъ спектроскопа. Углубленіе, наполненное нисходящими парами, произвело-бы именно такой спектръ, какой наблюдается обыкновенно. Далѣе: газы, увлеченные вихремъ ниже уровня фотосферы, особенно водородъ, будутъ съ силою вырываться вокругъ вихря; такъ можно было-бы объяснить себѣ кольцо факеловъ и выступовъ, которое обыкновенно окружаетъ каждое пятно значительной величины. Нѣкоторыя возраженія очевидны, но ихъ легко устранить. Говорили, напримѣръ, что, если солнечныя пятна—вихри, они должны быть круглыми. Фай возражаетъ, что мы видимъ не самый вихрь, но большое облако болѣе холодныхъ газовъ, всосанныхъ сверху и втянутыхъ вихремъ со всѣхъ сторонъ; форма этого облака зависитъ отъ множества обстоятельствъ.



85. **Теорія Фая.**

Но существуютъ другія возраженія, на которыя не такъ легко отвѣтить. Если теорія вѣрна, всѣ пятна—вихри и должны обнаруживать вихревое движеніе; сверхъ того: всѣ пятна къ сѣверу отъ экватора должны вращаться въ одномъ и томъ же направленіи,—противъ часовой стрѣлки (если смотрѣть съ земли); пятна-же южнаго полушарія солнца должны вращаться въ противоположномъ направленіи,—точно такъ же, какъ циклоны въ земной атмосферѣ.

На дѣлѣ видимъ совсѣмъ не то. Только очень малый процентъ пятенъ показываетъ какой-либо слѣдъ вихреваго движенія. Не замѣчая никакого однообразія въ направленіи вращенія по обѣ стороны отъ экватора, мы часто находимъ, что различные члены одной и той же группы пятенъ, даже различныя части одного и того же пятна вращаются въ противоположныхъ направленіяхъ.

Изслѣдуемъ вопросъ математически. Окажется, что теченіе, которымъ, по Фаю, опредѣляется образованіе пятенъ, слишкомъ слабо, чтобы произвести такое дѣйствіе.

Весьма легко вычислить это теченіе, допустивъ справедливость формулы, данной самимъ Фаемъ для движенія точки по солнечной поверхности на данной солнечной широтѣ. Эта формула слѣдующая:

$$V' = 862' - 186' \sin^2 \lambda;$$

V' — число минутъ солнечной долготы, пройденное какою-либо данною точкой въ 24 часа.

Приложимъ эту формулу къ двумъ точкамъ солнечной поверхности: одна лежитъ на широтѣ 20°, другая—на широтѣ 20°1′, слѣдовательно, на 198 километровъ сѣвернѣе первой. Мы найдемъ тогда, что у первой точки суточное движеніе 840′,242, у второй—840′,207; разница только 0,035 или (на этой широтѣ) 6,71 километровъ. Мы взяли двѣ точки, расположенныя на одномъ и томъ же меридіанѣ, подъ широтой 20° и въ разстояніи 198 километровъ одна отъ другой; оказалось, что точка ближайшая къ экватору чрезъ 24 часа будетъ отнесена почти на 6¾ километра къ востоку отъ другой точки.

Сдѣлаемъ ту-же самую выкладку для широты 45°; получимъ результатъ немножко большій:—около 7 километровъ въ сутки.

Благодаря этимъ числамъ, легко видѣть, почему въ солнечныхъ пятнахъ не замѣчается бо̀льшаго сходства съ возмущеніями земной атмосферы: вихревое движеніе не представляетъ правильной и неизмѣнной ихъ особенности; это—явленіе случайное и довольно рѣдкое.

Послѣдняя теорія Секки основана на слѣдующей идеѣ, безспорно внушенной наблюденіями: изверженія непрерывно прорываются чрезъ фотосферу и увлекаютъ изъ нижележащихъ областей металлическіе пары.

Онъ предполагаетъ, что эти пары, значительно охладившись, падаютъ на фотосферу и образуютъ въ ней углубленія, наполненныя веществами, менѣе свѣтящимися и поглощающими свѣтъ. Трудно видѣть, почему это дѣйствіе должно длиться съ такою стойкостью, почему облако будетъ опускаться на одномъ и томъ-же мѣстѣ, хотя-бы изверженіе и было продолжительнымъ. Пятно дѣйствительно окружено кольцомъ изверженій, какъ было сказано немного выше. Получается такое впечатлѣніе, какъ если-бы всѣ изверженія изливались въ одинъ пріемникъ, какъ если-бы существовало нѣчто въ родѣ всасыванія къ центру пятна, какъ это предполагается въ теоріи Фая,—всасыванія, которое способно привлечь внутрь пятна всѣ вещества, изверженныя въ сосѣдствѣ.

Теоріи солнечныхъ пятенъ, принадлежащія Локіеру и Шеберле, были уже изложены—на страницѣ 107 въ связи съ объясненіемъ экваторіальнаго ускоренія во вращеніи солнца. Онѣ согласны съ теоріей Секки въ томъ отношеніи, что приписываютъ происхожденіе пятенъ паденію вещества съ большой высоты.

Шеберле предполагаетъ, что вещество просто унесено изверженіями, иногда съ силою, достаточною для того, чтобы увлечь его даже за орбиты Юпитера и Сатурна. Возвращаясь, оно проникаетъ въ фотосферу и производитъ ея охлажденіе.

Локіеръ, если мы правильно понимаемъ его, въ заключительной главѣ своей „Химіи солнца“ развиваетъ иное воззрѣніе. Онъ склоненъ скорѣе думать, что „же-

лѣзо“ и другія вещества, образующія своимъ паденіемъ пятна, происходятъ, благодаря соединенію и сочетанію элементарныхъ составляющихъ. Эти же составляющія проникли въ состояніи диссоціаціи въ верхнія части солнечной атмосферы. Тамъ, гдѣ температура не выше точки „диссоціаціи“, атомы снова комбинируются въ молекулы паровъ желѣза и пр. Пары сгущаются въ облака и жидкія массы. Послѣднія опускаются на фотосферу. Въ теченіе всего пути внизъ онѣ поглощаютъ теплоту; снова испаряясь и снова подвергаясь диссоціаціи, онѣ охлаждаютъ фотосферу вездѣ, гдѣ проникаютъ чрезъ нее. Вокругъ пятна мы видимъ „брызги“ или восходящія струи фотосфернаго вещества и ниже лежащихъ газовъ; ихъ-то мы и называемъ факелами, выступами и металлическими изверженіями.

Въ этихъ теоріяхъ факелы и изверженія признаются слѣдствіемъ образованія пятна; по Секки они предшествуютъ пятну и являются причиною. Казалось бы, легко рѣшить вопросъ съ помощью наблюденій. На дѣлѣ это не такъ. Въ общемъ, однако наблюденія говорятъ скорѣе въ пользу мнѣнія, что факелы, поры и общее мѣстное возмущеніе солнца обыкновенно становятся замѣтными раньше появленія самого пятна. Должно допустить затѣмъ, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ внѣшній видъ явленій поразительно походитъ на выхожденіе темной массы снизу.

Вѣроятно и Локіеръ, и Шеберле охотно приняли бы до извѣстной степени теорію сэра Джона Гершеля, по которой нѣкоторыя пятна происходятъ вслѣдствіе паденія на солнце большихъ метеоровъ изъ внѣшняго пространства. Но метеоръ въ родѣ тѣхъ, какіе извѣстны на землѣ, едва-ли могъ бы непосредственно своимъ паденіемъ произвести хотя бы маленькое пятно. Каковы же могутъ быть косвенныя послѣдствія его прохожденія чрезъ фотосферу и нарушенія динамическаго равновѣсія, на это нелегко отвѣтить.

Нѣсколько времени назадъ авторъ придумалъ въ теоріи Секки измѣненія, которыя, кажется, устраняютъ нѣкоторыя возраженія и являются болѣе вѣроятными, чѣмъ любая изъ предложенныхъ теорій. Возможно, что пятна представляютъ впадины на фотосферѣ; только онѣ вызваны не давленіемъ изверженныхъ веществъ сверху, а уменьшеніемъ давленія внутри вслѣдствіе изверженій, имѣвшихъ мѣсто въ сосѣдствѣ съ пятномъ. Можно сказать, что пятно это—сточныя трубы въ фотосферѣ. Фотосфера представляетъ оболочку или кору, не совсѣмъ непрерывную; но сравнительно съ несгущенными парами, окружающими ее, она тяжела,—совершенно такъ же, какъ дождевое облако въ земной атмосферѣ тяжелѣе воздуха. Вѣроятно, фотосфера достаточно непрерывна для того, чтобы всякое уменьшеніе давленія ниже ея вліяло на ея наружную поверхность. Масса газа, находящаяся подъ фотосферой,—выдерживаетъ вѣсъ самой фотосферы и вѣсъ продуктовъ сгущенія, которые должны постоянно падать внизъ; конечно, трудно составить понятіе объ этомъ своеобразномъ дождѣ и снѣгѣ изъ расплавленнаго и кристаллизованнаго вещества. Представляя во всѣхъ отношеніяхъ не что иное, какъ слой облаковъ, фотосфера образуетъ такимъ образомъ стягивающую оболочку, подъ которой заключены и сжаты газы. Далѣе, при высокой температурѣ вязкость этихъ газовъ значительно возростаетъ; вполнѣ вѣроятно, что вещество солнечнаго ядра по своему составу больше походитъ на смолу или варъ, чѣмъ на газъ, какъ мы обыкновенно представляемъ его. Слѣдовательно, внезапное уменьшеніе давленія будетъ медленно

распространяться, начиная съ точки, гдѣ оно случилось. Сопоставимъ же эти данныя; получимъ выводъ: всякій разъ какъ гдѣ-нибудь открывается свободный выходъ чрезъ фотосферу, причемъ давленіе подъ фотосферой становится меньше, въ концѣ-концовъ гдѣ-нибудь по сосѣдству часть фотосферы понижается; такъ возстановляется равновѣсіе. Если изверженіе продолжается въ теченіе извѣстнаго времени, пониженіе фотосферы будетъ длиться, пока не прекратится изверженіе. Такая впадина, наполненная окружающими газами, и представляется намъ пятномъ. Кромѣ того, линія разрыва, если можно примѣнить это названіе, у краевъ впадины оказалась-бы наименѣе прочною частью фотосферы; вотъ почему можно было-бы ожидать, что вокругъ пятна произойдетъ рядъ изверженій. Въ теченіе нѣкотораго времени возмущеніе пріобрѣтало бы новую силу; пятно становилось-бы шире, глубже и темнѣе; наконецъ, несмотря на вязкость сдавленныхъ внутри газовъ, постепенно возстановилось бы внизу равновѣсіе давленія. Насколько намъ извѣстно, ни спектральныя, ни визуальныя явленія не противорѣчатъ этой гипотезѣ.



87. **Строеніе солнечнаго пятна.**

Что касается ограниченія пятенъ извѣстными широтами, мы уже говорили, что оно несомнѣнно объясняется экваторіальнымъ ускореніемъ. Фай, Бѣлопольскій, Локіеръ и Шеберле—всѣ останавливаются на этомъ объясненіи. Изслѣдованіе этого предмета, сдѣланное Шеберле, можно найти въ журналѣ „Astronomy and Astrophysics“ за апрѣль 1894 года. У насъ будетъ случай снова возвратиться къ этому вопросу въ связи съ короной.

Какова бы ни была причина пятенъ, рисунокъ 87 даетъ, вѣроятно, точное представленіе о расположеніи и отношеніяхъ фотосферныхъ облаковъ въ сосѣдствѣ съ пятномъ.

Надъ поверхностью солнца эти облака имѣютъ, вѣроятно, форму вертикальныхъ столбовъ, какъ въ *aa*. Какъ разъ на краю пятна уровень фотосферы обыкновенно поднимается и образуетъ факелы: *bb*. Надъ этими факелами по большей части наблюдаются изверженія водорода и металлическихъ паровъ, какъ и показываютъ темныя облака. О металлическихъ изверженіяхъ мы будемъ говорить подробнѣе въ главѣ о хромосферѣ и выступахъ. Здѣсь-же ограничимся замѣчаніемъ: тогда какъ большія облака водорода находятся на солнцѣ всюду, эти остроконечные яркіе языки металлическихъ паровъ встрѣчаются рѣдко, развѣ только въ сосѣдствѣ съ пятномъ, да и то лишь во время періода быстрой измѣнчивости пятна. Въ полутѣни пятна фотосферныя волокна болѣе или менѣе горизонтальны, какъ въ *pp*; совершенно неизвѣстно, каково можетъ быть истинное положеніе вещей въ тѣни, въ *u*. Мы гадательно изобразили ея волокна также верти-

кальными, но пониженными и увлеченными книзу нисходящимъ теченіемъ. Разумѣется, впадина оо наполнена газами, окружающими фотосферу. Легко видѣть, что если смотрѣть сверху, такая впадина и волокна будутъ имѣть тотъ видъ, какой наблюдается въ дѣйствительности.

Въ 1893 году Оппольцеръ въ Вѣнѣ предложилъ новую теорію. Она основана на изслѣдованіяхъ Ханна: предметъ этихъ изслѣдованій—вліяніе вертикальныхъ атмосферныхъ теченій на температуру. По предположенію Оппольцера, такія теченія періодически возникаютъ въ полярныхъ областяхъ солнца; оттуда они медленно движутся къ солнечному экватору и опускаются въ поясахъ пятенъ. При своемъ нисхожденіи они нагрѣваются и „высыхаютъ", образуя въ фотосферѣ углубленія, наполненныя металлическими парами въ чисто газообразномъ состояніи.

Во многихъ отношеніяхъ эта теорія дѣйствительно отвѣчаетъ фактамъ. Она лучше всякой другой теоріи объясняетъ своеобразный характеръ спектра солнечныхъ пятенъ, законъ Шперера относительно широтъ и даже наблюденія Ланглея и Фроста надъ температурами солнечныхъ пятенъ, которыя составляютъ камень преткновенія всѣхъ теорій (стр. 126, примѣчаніе). Но сами полярныя теченія остаются необъясненными; приходится ждать, устоитъ-ли эта „метеорологическая" теорія предъ критическимъ разборомъ.

VI

Хромосфера и выступы.

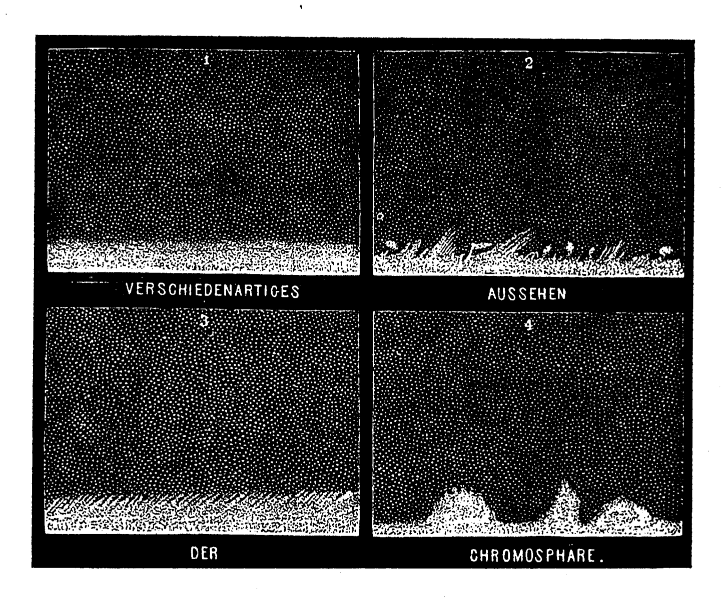
Первыя наблюденія хромосферы и выступовъ.—Затменія 1842, 1851 и 1860 гг. Затменіе 1868 года.—Открытіе Жансена и Локіера.—Расположеніе спектроскопа для наблюденій надъ хромосферой.—Спектръ хромосферы.—Линіи, постоянно присутствующія.—Линіи, часто обращенныя.—Изысканія Хэля и Деляндра относительно ультра-фіолетовой части спектра.—Форма движенія.—Двойное обращеніе линій.—Распредѣленіе выступовъ.—Величина выступовъ.—Классификація ихъ: выступы спокойные и выступы эруптивные, изверженные или металлическіе.—Отдѣльныя облака.—Сила движенія.—Наблюденія 5 августа 1872 года.—Теоріи относительно образованія и причинъ выступовъ.

То, что мы видимъ при обыкновенныхъ условіяхъ, составляетъ лишь часть цѣлаго. Гораздо большая часть солнечной массы заключена внутри фотосферы, этой блестящей облачной оболочки, которая, кажется, образуетъ истинную поверхность солнца и является главнымъ источникомъ тепла и свѣта. Еще большая часть объема солнца лежитъ внѣ фотосферы и составляетъ атмосферу, діаметръ которой, по меньшей мѣрѣ, вдвое больше; поэтому объемъ ея въ семь разъ больше объема центральнаго шара.

Слово „атмосфера" едва ли подходитъ въ настоящемъ случаѣ. Хотя эта внѣшняя оболочка состоитъ по преимуществу изъ газовъ, она не обладаетъ формой шара: у ней крайне измѣнчивый и неправильный контуръ. Она состоитъ повидимому не изъ слоевъ различной плотности, лежащихъ одинъ на другомъ, но скорѣе изъ струй пламени, лучей и потоковъ, столь же непостоянныхъ и неустойчивыхъ, какъ лучи нашего полярнаго сіянія. Она раздѣлена на двѣ части: граница между

ними такъ же отчетлива, хотя и не такъ правильна, какъ граница, отдѣляющая ихъ отъ фотосферы. Внѣшняя и гораздо большая часть походитъ по своему строенію и разрѣженности на кометные хвосты; почти безъ преувеличенія можно сравнить ее „съ веществомъ, изъ котораго сдѣланы грезы“. Она извѣстна подъ именемъ „корональной атмосферы“, потому что ей главнымъ образомъ обязана своимъ существованіемъ „корона“,—то сіяніе, которое окружаетъ помраченное солнце во время затменія и производитъ такое поразительное впечатлѣніе.

Въ основаніи атмосферы и въ непосредственномъ соприкосновеніи съ фотосферою мы видимъ нѣчто въ родѣ слоя изъ алаго огня. Намъ представляется



88. **Формы хромосферы.**
По Секки.

такая картина, вѣроятно, соотвѣтствующая дѣйствительности: по всей поверхности солнца изъ отдушинъ и отверстій вырываются безчисленныя струи нагрѣтаго газа; поверхность одѣта пламенемъ, которое взлетаетъ кверху и колеблется, какъ бываетъ на пожарѣ или, по живому описанію профессора Ланглея, „въ горящей степи“.

Это—хромосфера. Такое обозначеніе впервые предложено Франклендомъ и Локіеромъ въ 1869 году. Оно означаетъ: „цвѣтная, окрашенная сфера“. Оно указываетъ на ярко-красный цвѣтъ даннаго слоя, обусловленный преобладаніемъ водорода въ этомъ пламени и этихъ облакахъ. Эри въ 1842 году назвалъ этотъ слой „сіеррой“; Прокторъ и нѣкоторые другіе авторы предпочитаютъ это названіе позднѣйшему и болѣе употребительному.

Въ разныхъ мѣстахъ массы водорода, смѣшанныя съ другими веществами, поднимаются на большую высоту, восходя значительно выше общаго уровня, въ корональныя области. Тамъ онѣ плаваютъ, подобно облакамъ, или, благодаря борьбѣ

противоположныхъ теченій, распадаются на отдѣльные обрывки. Эти облачныя массы извѣстны подъ названіемъ солнечныхъ выступовъ или протуберанцевъ. Такое названіе было дано въ 1842 году, когда они впервые привлекли вниманіе. Въ то время горячо обсуждался вопросъ: чему принадлежатъ они—солнцу, лунѣ или земной атмосферѣ? Или-же это—просто обманъ зрѣнія. Къ несчастью, до сихъ поръ еще не нашли болѣе подходящаго и выразительнаго названія для предметовъ такой поразительной красоты и интереса.

До недавняго времени солнечную атмосферу можно было видѣть только въ моменты затменій, когда солнце закрыто луной. Нынѣ спектроскопъ доставилъ возможность наблюдать хромосферу и выступы ежедневно; теперь ихъ можно изучать съ такою же легкостью, какъ пятна и факелы; такимъ образомъ, для науки открылась новая область, полная высокаго интереса и значенія.

Почему древніе во время какого-нибудь изъ многочисленныхъ записанныхъ затменій не замѣтили хотя-бы невооруженнымъ глазомъ, что вокругъ края луны разбросаны сверкающіе предметы, похожіе на звѣзды? Намъ это кажется почти невѣроятнымъ; но никакихъ указаній на подобное наблюденіе не оказывается, хотя корона описана такъ же, какъ мы ее видимъ теперь. На этомъ основаніи нѣкоторые высказали догадку, что солнце въ новѣйшія времена подверглось измѣненію, что хромосфера и выступы представляютъ новую черту въ исторіи солнца. Но такое чисто отрицательное доказательство совершенно недостаточно для того, чтобы установить столь важный выводъ.

Первое наблюденіе надъ протуберанцами, вѣроятно, сдѣлано шведскимъ астрономомъ Вассеніусомъ. Во время полнаго затменія 1733 года онъ замѣтилъ три или четыре малыхъ розоватыхъ облака. Они были совершенно отдѣлены отъ луннаго края и, какъ предполагалъ наблюдатель, плавали въ лунной атмосферѣ. Для той эпохи это было самымъ естественнымъ объясненіемъ явленія, потому что отсутствіе атмосферы на лунѣ не было еще доказано.

Испанскій адмиралъ Донъ Уллоа въ отчетѣ о затменіи 1778 года, описываетъ точку, блиставшую краснымъ свѣтомъ и появившуюся на западномъ краю луны почти за $1^1/_4$ минуты до выхода солнца изъ тѣни. Вначалѣ малая и слабая, точка эта дѣлалась все ярче и ярче, пока не погасла при возвращеніи солнечнаго свѣта. Наблюдатель предположилъ, что причина явленія—отверстіе или щель въ самой лунѣ. Но при современныхъ знаніяхъ едва-ли можно сомнѣваться, что это былъ выступъ, постепенно открывавшійся при движеніи луны.

Хромосфера была наблюдаема, кажется, даже раньше выступовъ. Такъ, капитанъ Станіанъ въ отчетѣ о затменіи 1706 года, которое онъ наблюдалъ въ Driнѣ, замѣтилъ, что до выхода солнца изъ тѣни въ теченіе 6 или 7 секундъ на западномъ краѣ была видна свѣтящаяся кроваво-красная полоса. Галлей и Лувилль наблюдали тоже самое въ 1715 году. Галлей говоритъ, что за двѣ или за три секунды до выхода солнца изъ тѣни длинная и очень узкая полоса мрачнаго, рѣзко краснаго свѣта окрасила повидимому темный западный край луны въ томъ мѣстѣ, гдѣ начинало показываться солнце. Отчетъ Лувилля сходится въ существенныхъ чертахъ съ разсказомъ Галлея. Онъ описываетъ дальше предосторожности, принятыя имъ, чтобы удостовѣриться, что явленіе не было простымъ обманомъ зрѣнія, что его нельзя объяснять какимъ-либо недостаткомъ трубы.

Во время затменій, слѣдовавшихъ за 1733 г., хромосфера и выступы привлекли повидимому мало вниманія, если только ихъ замѣчали. Нѣчто въ этомъ родѣ было, кажется, описано Феррерсомъ въ 1806 году, но главный интересъ его наблюденій направленъ въ иную сторону.

Въ іюлѣ 1842 года случилось большое затменіе, и тѣнь луны описала широкій поясъ чрезъ южную Францію, сѣверную Италію и часть Австріи. Затменіе тщательно наблюдали многіе извѣстнѣйшіе астрономы всего свѣта. Предшествующія наблюденія были настолько забыты, что выступы, которые появились тогда съ большимъ блескомъ, были встрѣчены съ величайшимъ удивленіемъ. Начались оживленные споры не только относительно ихъ причины и мѣста, но даже относительно самаго ихъ существованія. Одни думали, что это—горы на солнцѣ; другіе считали ихъ струями солнечнаго пламени; третьи—облаками, которыя плаваютъ въ солнечной атмосферѣ. Нѣкоторые астрономы приписывали ихъ лунѣ; иные даже объявили



89. **Формы хромосферы.**
По Таккини.

ихъ простымъ обманомъ зрѣнія. При затменіи 1851 года (въ Швеціи и Норвегіи) наблюденія были повторены. Сопоставивши и обсудивши послѣдовательныя наблюденія, астрономы, вообще, пришли къ убѣжденію, что выступы—дѣйствительныя явленія солнечной атмосферы, во многихъ отношеніяхъ подобныя нашимъ земнымъ облакамъ. Нѣкоторые съ большею или меньшею увѣренностью выразили мнѣніе, что солнце окружено сплошнымъ слоемъ того-же самаго вещества (см. Грантъ. „Исторія физической астрономіи“). Заключеніе это признается нынѣ вполнѣ вѣрнымъ. Тогда-же многіе не соглашались съ нимъ: Фай, напримѣръ, все еще утверждалъ, что выступы—чисто оптическій обманъ или миражъ.

При затменіи 1860 года въ первый разъ съ нѣкоторымъ успѣхомъ примѣнили къ дѣлу фотографію. Результаты Секки и Делярю уничтожили всѣ остававшіяся сомнѣнія въ дѣйствительномъ существованіи изслѣдуемыхъ предметовъ и въ принадлежности ихъ солнцу. Фотографическія пластинки показали, что при движеніи луны на одной сторонѣ солнца выступы постепенно скрываются, на другой открываются.

Вотъ заключенія, къ которымъ пришелъ Секки. Позднѣйшія наблюденія подтвердили ихъ почти во всѣхъ подробностяхъ; пришлось сдѣлать лишь нѣсколько легкихъ поправокъ.

„1. Выступы не просто оптическій обманъ: это—дѣйствительныя явленія, принадлежащія солнцу...

„2. Выступы—скопленія свѣтящейся матеріи большого блеска. Они замѣчательно сильно дѣйствуютъ на фотографическую пластинку. Это дѣйствіе такъ велико, что многихъ выступовъ, видимыхъ на нашихъ фотографическихъ снимкахъ, нельзя было бы видѣть непосредственно даже съ хорошими инструментами.

„3. Нѣкоторые выступы плаваютъ въ солнечной атмосферѣ совсѣмъ свободно, подобно облакамъ. Если ихъ форма мѣняется, эти измѣненія происходятъ настолько постепенно, что мы не замѣтили-бы ихъ, если-бы наблюдали не болѣе 10 минутъ. (Въ общемъ, это вѣрно, только не всегда).

„4. Кромѣ уединенныхъ и замѣтныхъ выступовъ, существуетъ слой изъ той-же самой свѣтящейся матеріи, облегающій все солнце; выходя за его предѣлы, протуберанцы поднимаются надъ общимъ уровнемъ солнечной поверхности...

„5. Число выступовъ неопредѣленно велико. Когда наблюдаютъ непосредственно чрезъ трубу, кажется, что солнце окружено струями пламени, настолько многочисленными, что ихъ не перечесть...

6. Высота выступовъ очень велика, особенно, если принять въ разсчетъ часть, скрытую луной. Одинъ изъ нихъ имѣлъ вышину, по крайней мѣрѣ, въ три минуты; это указываетъ, что истинная высота болѣе 10 земныхъ діаметровъ“...

Но природа выступовъ оставалась еще тайной, и каждый, не опасаясь осужденія, могъ думать, что такъ до извѣстной степени будетъ всегда. Въ то время едва-ли можно было надѣяться, что когда-нибудь мы будемъ въ состояніи узнать ихъ химическій составъ и опредѣлить скорости ихъ движеній. Всетаки это было сдѣлано.

18 августа 1868 года наблюдалось затменіе въ Индіи. Еще раньше этого былъ изобрѣтенъ спектроскопъ. Въ сущности, онъ былъ извѣстенъ и въ 1860 году, но тогда онъ былъ еще въ состояніи младенчества. Теперь-же онъ былъ примѣненъ къ астрономическимъ изысканіямъ. Получились результаты, самые поразительные и самые важные.

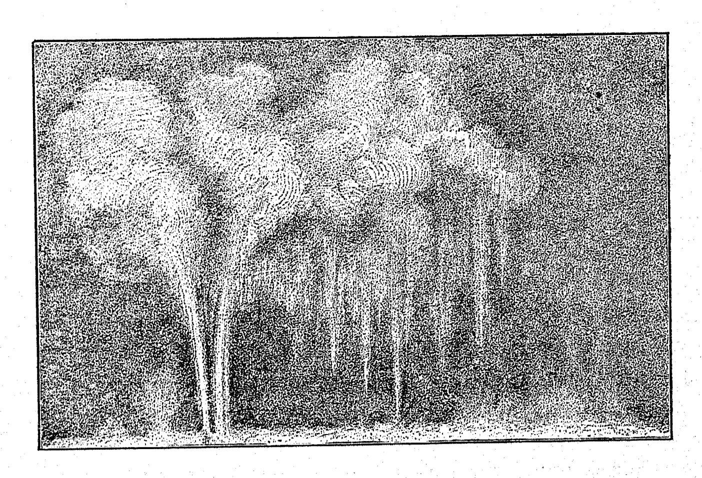
Каждый болѣе или менѣе знакомъ съ исторіей этого затменія. Гершель, Теннантъ, Погсонъ, Рэйе и Жансенъ—всѣ дали, въ сущности, одинаковые отчеты. Нашли, что наблюдавшійся спектръ выступовъ состоялъ изъ яркихъ линій; самыми замѣтными изъ нихъ были линіи водорода. Однако были и серьезныя несогласія между ихъ наблюденіями не только въ отношеніи числа видимыхъ яркихъ линій (чему нечего удивляться), но и въ отношеніи ихъ положенія. Такъ, Рэйе (который видѣлъ больше линій, чѣмъ кто-либо иной) отожествилъ наблюдавшуюся красную линію съ B вмѣсто C; затѣмъ всѣ наблюдатели ошибочно приняли желтую линію, которую они видѣли, за линію натрія.

Всетаки ихъ наблюденія, взятыя вмѣстѣ, вполнѣ доказали фактъ, что выступы это—огромныя массы сильно нагрѣтаго газообразнаго вещества, и что главная составная часть ихъ водородъ.

Жансенъ пошелъ дальше. Линіи, которыя онъ видѣлъ въ продолженіе затменія, были такъ блестящи, что у него явилась увѣренность: ихъ можно видѣть даже при полномъ солнечномъ свѣтѣ. Облака помѣшали ему провѣрить это убѣжденіе въ тотъ же день послѣ окончанія затменія. Но на слѣдующее утро солнце взошло

ничѣмъ непомраченное. Какъ только Жансенъ выполнилъ необходимыя приспособленія и направилъ свой инструментъ на часть солнечнаго края, гдѣ днемъ раньше появился самый блестящій протуберанцъ, выступили тѣ же самыя линіи, ясныя и яркія. Теперь, разумѣется, не представляло никакого труда опредѣлить на досугѣ и почти съ абсолютною точностью ихъ положеніе въ спектрѣ. Жансенъ непосредственно подтвердилъ свой первый выводъ, что водородъ самый замѣтный элементъ, входящій въ составъ выступовъ. Но оказалось, что желтая линія должна быть приписана какому-то другому элементу, а не натрію, потому что она нѣсколько болѣе преломлена, чѣмъ линія D.

Жансенъ нашелъ также, что, слегка двигая телескопъ и заставляя изображеніе солнца принимать различныя положенія относительно щели спектроскопа, можно даже зарисовать форму и измѣрить величину выступовъ. Онъ остался на своей станціи нѣсколько дней, занимаясь этими новыми и крайне интересными наблюденіями.



90. **Формы хромосферы.**
По Фогелю.

Конечно, онъ сейчасъ же послалъ домой отчетъ о своихъ работахъ и новомъ открытіи. Но его станція въ Гентурѣ, въ восточной Индіи, была дальше отъ почтоваго сообщенія съ Европой, чѣмъ станціи на западномъ берегу полуострова. Поэтому его письмо дошло до Франціи на одну или двѣ недѣли позже отчетовъ другихъ наблюдателей. Оно пришло въ Парижъ вмѣстѣ съ сообщеніемъ Локіера о томъ же самомъ открытіи. Свое открытіе Локіеръ сдѣлалъ независимо и болѣе научнымъ путемъ. Его привело къ открытію не то, что онъ видѣлъ, а размышленіе объ основныхъ началахъ.

Почти за два года до этого Локіеру пришло въ голову слѣдующее соображеніе (впрочемъ, оно приходило и другимъ, но Локіеръ первый опубликовалъ его): если выступы газообразны, такъ что даютъ спектръ изъ яркихъ линій, эти линіи въ спектроскопъ достаточной силы должны быть видимы даже при дневномъ свѣтѣ. Принципъ былъ просто слѣдующій.

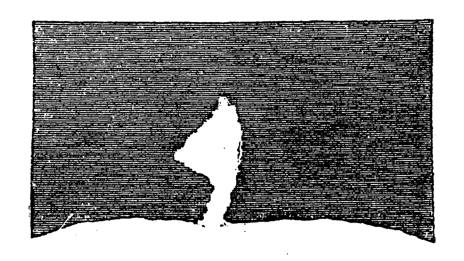
При обыкновенныхъ обстоятельствахъ выступы невидимы по той же причинѣ, какъ звѣзды днемъ: различать ихъ мѣшаетъ напряженный свѣтъ, который отражается отъ частицъ земной атмосферы, близкихъ къ мѣсту солнца въ небѣ. Если бы удалось въ достаточной мѣрѣ уменьшить это воздушное освѣщеніе, не ослабляя въ то же время свѣта выступовъ, цѣль была бы достигнута. Эта задача выполнена спектроскопомъ. Такъ какъ свѣтъ воздуха есть отраженный солнечный свѣтъ, онъ даетъ, разумѣется, тотъ же спектръ, какъ солнечный свѣтъ: непрерывную цвѣтную полосу, пересѣченную темными линіями. Этотъ спектръ можно сдѣлать гораздо блѣднѣе, увеличивая свѣторазсѣивающую силу, потому что свѣтъ растягивается въ болѣе длинную ленту и покрываетъ большую площадь. Съ другой стороны, спектръ изъ яркихъ линій не испытываетъ подобнаго ослабленія при увеличеніи дисперсіи спектроскопа. Увеличиваются промежутки между линіями—и только; самыя линіи не становятся размытыми и не теряютъ своей яркости. Кромѣ того, если газъ, подобно водороду, показываетъ въ обыкновенномъ солнечномъ спектрѣ (а, слѣдовательно, и въ спектрѣ воздуха) темныя линіи, дѣло еще лучше: мало того, что сплошной спектръ воздуха ослабленъ высокою дисперсіей; въ немъ выступаютъ еще темные пробѣлы какъ разъ тамъ, гдѣ упадутъ яркія линіи спектра выступа.

Слѣдовательно, если изображеніе солнца, данное трубой, изслѣдуется съ помощью спектроскопа, можно надѣяться увидать у края диска яркія линіи, принадлежащія спектру выступовъ, но лишь въ томъ случаѣ, если они дѣйствительно газообразны.

Локіеръ и Геггинсъ—оба сдѣлали опытъ въ 1867 году; успѣха не было. Объясняется это отчасти тѣмъ, что инструменты не обладали силой достаточной, чтобы явственно обнаружить линіи, но болѣе тѣмъ, что изслѣдователи не знали, въ какомъ мѣстѣ спектра искать линіи, и даже не были увѣрены въ ихъ существованіи. Какъ бы то ни было, когда было объявлено объ открытіи, Геггинсъ безъ труда увидалъ линіи съ тѣмъ же самымъ инструментомъ, съ которымъ ему не удалось это раньше. Вообще, чтобы замѣтить предметъ, когда намъ заранѣе извѣстно объ его существованіи,—для этого отъ инструмента или глаза не требуется и половины той остроты, какая нужна для открытія. Объ этомъ слишкомъ часто забываютъ.

Обнародовавши свою мысль, Локіеръ немедленно занялся изготовленіемъ подходящаго инструмента. Ему была оказана денежная помощь изъ средствъ Королевскаго Общества. Окончаніе работы пришлось отсрочить отчасти вслѣдствіе смерти оптика, который первый взялся построить инструментъ, отчасти по другимъ причинамъ. Наконецъ, Локіеръ получилъ новый спектроскопъ какъ разъ къ тому времени, когда отчетъ о наблюденіяхъ Гершеля и Теннанта дошелъ до Англіи. Поспѣшно снарядивъ инструментъ, еще невполнѣ законченный, онъ сразу приспособилъ его къ своему телескопу, безъ труда нашелъ линіи и провѣрилъ ихъ положеніе. Вслѣдъ за тѣмъ онъ открылъ также, что линіи видны по всей окружности солнца. Слѣдовательно, выступы представляютъ продолженіе той сплошной солнечной оболочки, которой дали названіе хромосферы. (Локіеръ повидимому не зналъ, что то-же заключеніе уже сдѣлано Араго, Грантомъ, Секки и другими). Онъ сообщилъ о своихъ результатахъ одновременно Королевскому Обществу и французской Академіи наукъ. Вслѣдствіе любопытнаго совпаденія, которыя встрѣчаются столь часто,—письма Локіера и Жансена были выслушаны въ одномъ и томъ же засѣданіи чрезъ нѣсколько минутъ одно послѣ другого.

Открытіе возбудило величайшій энтузіазмъ, и въ 1872 году французское правительство выбило въ честь обоихъ астрономовъ золотую медаль съ ихъ портретами. Многимъ наблюдателямъ, Жансену, Локіеру, Целльнеру и другимъ пришла мысль, что, сообщая щели спектроскопа быстрое колебательное или вращательное движеніе, можно сразу отмѣтить весь контуръ и подробности выступа. Но Геггинсъ былъ повидимому первымъ, кому удалось показать на практикѣ, что той же цѣли удовлетворяетъ еще болѣе простое средство. Если спектроскопъ обладаетъ достаточной дисперсіей, достаточно расширить щель инструмента. Для этого приспособленъ особый регулирующій винтъ. Чѣмъ шире щель, тѣмъ больше часть выступа, которую видитъ наблюдатель; если выступъ не слишкомъ великъ, онъ виденъ весь сразу. Но съ расширеніемъ щели возростаетъ яркость фона; болѣе тонкія подробности выступаютъ менѣе отчетливо, и быстро достигается предѣлъ, за которымъ расширеніе щели уже невыгодно. Чѣмъ выше свѣторазсѣивающая сила спектроскопа, тѣмъ шире можно дѣлать щель, тѣмъ больше выступы, какіе можно изслѣдовать заразъ,—конечно, въ извѣстныхъ предѣлахъ. Съ нашими новѣйшими спектроскопами, особенно съ диффракціонными инструментами, не трудно получить дисперсію столь большую, что даже C — линія станетъ широкою и туманною, подобно Ь — линіямъ въ обыкновенномъ инструментѣ. Въ этомъ случаѣ каждая свѣтящаяся точка выступа представляется въ его изображеніи не точкой, какъ то необходимо для яснаго опредѣленія, но чертой, перпендикулярною къ спектральнымъ линіямъ.



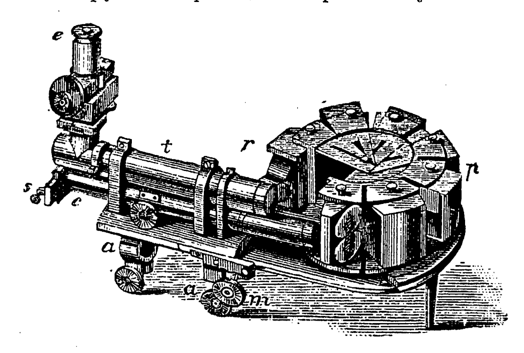
91. **Солнечный выступъ.**
Первое наблюденіе Геггинса—при полномъ солнечномъ свѣтѣ.

Первое успѣшное наблюденіе надъ формой солнечнаго выступа было сдѣлано Геггинсомъ 13 февраля 1869 года. Рисунокъ 91, заимствованный изъ „Proceedings of the Royal Society“ представляетъ изображеніе наблюдавшагося имъ выступа. Дисперсія его инструмента равнялась только двумъ призмамъ; въ его полѣ зрѣнія помѣщалась заразъ большая часть спектра. Поэтому Геггинсъ нашелъ нужнымъ увеличить силу инструмента. Онъ употребилъ красное стекло для устраненія разсѣяннаго свѣта другихъ цвѣтовъ и вставилъ діафрагму въ фокусѣ малой трубы спектроскопа, чтобы ограничить поле зрѣнія частью спектра, непосредственно прилегающей къ C—линіи. Съ инструментами, употребляемыми нынѣ, эти предосторожности рѣдко бываютъ необходимы.

Слѣдуетъ замѣтить, что предварительно (да и впослѣдствіи) Геггинсъ дѣлалъ много опытовъ съ различными поглощающими средами. Онъ надѣялся найти какое-нибудь вещество, которое, пропуская свѣтъ выступа, уничтожало бы весь свѣтъ другихъ цвѣтовъ; тогда явилась-бы возможность видѣть выступы въ телескопъ. До сихъ поръ эти опыты не имѣли успѣха.

Спектроскопы, употребляемые для наблюденія этого рода различными астрономами, значительно разнятся между собою по формѣ и силѣ. Рисунокъ 92 изобра-

жаетъ спектроскопъ, которымъ долгое время пользовались на Шаттекской обсерваторіи Дартмоузскаго колледжа. Многія американскія обсерваторіи снабжены подобными приборами. Свѣтъ идетъ отъ коллиматора c чрезъ рядъ призмъ p близъ ихъ основаній. Послѣ двухъ отраженій въ прямоугольной призмѣ r свѣтъ передается, такъ сказать, въ верхній этажъ ряда призмъ, возвращается въ телескопъ t и достигаетъ, наконецъ, глаза въ e. Свѣтъ такимъ образомъ дважды проходитъ чрезъ рядъ изъ шести призмъ; свѣторазсѣивающая сила инструмента въ 12 разъ больше, чѣмъ при одной только призмѣ. Діаметръ коллиматора немного меньше дюйма (25 мм.); длина его—10 дюймовъ (254 мм.). Весь инструментъ вѣситъ всего только 14 фунтовъ (6,35 килогр.) и занимаетъ пространство около 15 × 6 × 5 кубическихъ дюймовъ (381 × 152 × 127 куб. мм.). Онъ автоматиченъ, т. е., касательный винтъ m удерживаетъ рядъ призмъ въ положеніи наименьшаго отклоненія посредствомъ того же движенія, которое приводитъ разныя части спектра къ центру поля зрѣнія, одновременно устанавливаетъ по фокусу барабанъ, коллиматоръ, и телескопъ. Спектроскопъ придѣланъ къ экваторіальному телескопу посредствомъ зажимныхъ колецъ a a. Эти кольца скользятъ по металлическому стержню, наглухо скрѣпленному съ телескопомъ, такъ что щель инструмента s можно помѣстить какъ разъ въ фокусѣ объектива, гдѣ образуется изображеніе солнца. Этотъ инструментъ, приложенный къ телескопу, уже былъ изображенъ на страницѣ 47.



92. **Спектроскопъ съ рядомъ призмъ.**

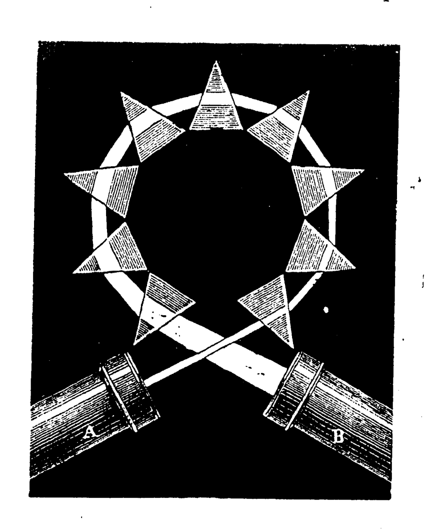
Инструменты, гдѣ рядъ призмъ замѣненъ диффракціонною рѣшеткой, еще сильнѣе, да и удобнѣе; у наблюдателя большое преимущество: онъ можетъ въ извѣстныхъ предѣлахъ выбирать величину дисперсіи наиболѣе пригодную для его цѣли. Для этого надо только вращать рѣшетку такъ, чтобы пользоваться спектрами различныхъ порядковъ. Эта операція легче и быстрѣе, чѣмъ новая установка ряда призмъ. Диффракціонные спектроскопы представляютъ однако незначительную невыгоду. Когда мы употребляемъ ихъ съ открытой щелью, форма видимыхъ чрезъ щель предметовъ нѣсколько искажена: они либо сжаты, либо растянуты по направленію, перпендикулярному къ щели. Когда рѣшетка помѣщена такъ, что наклонъ ея поверхности къ зрительной трубѣ больше, чѣмъ къ коллиматору (какъ на рисункѣ 24), происходитъ сжатіе. Если въ этомъ случаѣ край щели установленъ касательно къ солнечному краю, высота выступовъ, расположенныхъ на краю солнца, уменьшается. Помѣстивъ рѣшетку противоположнымъ образомъ, получимъ обратный случай. Но это искаженіе маловажно: его величину легко вычислить; когда нужно, оно принимается въ разсчетъ *). Подобное искаженіе производится

*) Вотъ формула для вычисленія: $H = h\frac{\mathrm{Sin.}\ t}{\mathrm{Sin.}\ k}$, гдѣ H—истинная вышина предмета, видимаго чрезъ щель; h кажущаяся вышина; k и t выражаютъ наклонъ поверхности рѣшетки къ коллиматору и зрительной трубѣ.

призматическими спектроскопами, когда призмы не установлены точно въ положеніи наименьшаго отклоненія.

Диффракціонные инструменты, которыми привыкъ пользоваться авторъ для солнечныхъ наблюденій въ Принстонѣ, уже были изображены на страницахъ 43 и 47.

Съ 4-дюймовымъ телескопомъ, установленнымъ экваторіально, и со спектроскопомъ, свѣторазсѣивающая сила котораго не менѣе 5 или 6 обыкновенныхъ призмъ, наблюдатель снабженъ всѣмъ нужнымъ для изученія хромосферы и выступовъ. Онъ можетъ: либо изучать самый спектръ,—тогда онъ долженъ пользоваться инструментомъ съ узкою щелью; либо изслѣдовать формы и измѣненія протуберанцевъ,—тогда нужно употреблять инструментъ съ расширенною щелью. Если хотятъ изучать формы и превращенія выступовъ, большіе телескопы и высокая дисперсія не представляютъ особенной выгоды. Наблюдая выступы, авторъ никогда не получалъ изображеній болѣе тонкихъ, чѣмъ доставленныя старымъ Дартмоузскимъ телеспектроскопомъ. Но когда дѣло идетъ объ изученіи малѣйшихъ подробностей, особенно подробностей спектра, необходимы большіе инструменты.



93. **Путь свѣтоваго луча въ спектроскопѣ съ рядомъ призмъ.**

Спектръ хромосферы и выступовъ.

Спектры хромосферы и выступовъ весьма интересны въ ихъ отношеніяхъ къ спектру фотосферы. Они представляютъ много своеобразныхъ чертъ, которыя еще не вполнѣ выяснены. Отъ времени до времени въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ происходитъ какое-нибудь особенное возмущеніе, часто по близости пятенъ въ тѣ моменты, когда они проходятъ по краю солнечнаго диска,—спектръ у основанія хромосферы очень осложненъ и состоитъ изъ сотенъ яркихъ линій. Въ теченіе нѣсколькихъ недѣль наблюденій на горѣ Шерманъ въ 1872 году авторъ замѣтилъ 273 линіи. Новѣйшія наблюденія значительно увеличили это число: по крайней мѣрѣ, на 50 линій въ предѣлахъ видимаго спектра и на 80 линій въ ультра-фіолетовой части спектра; послѣднія обнаружены съ помощью фотографіи. Большинство линій выступаютъ лишь временно, на нѣсколько минутъ, когда какое-нибудь изверженіе поднимаетъ газы и пары, которые, вообще, лежатъ внизу,—преимущественно въ промежуткахъ между облаками фотосферы и ниже ея верхней поверхности. Линіи, которыя появляются исключительно въ такіе моменты, это большею частью наиболѣе замѣтныя „обращенныя“ темныя линіи обыкновеннаго солнечнаго спектра. Но подборъ линій кажется въ высшей степени своеобразнымъ: одна взята, другая оставлена, хотя принадлежитъ тому же самому элементу, обладаетъ такою-же яркостью и лежитъ совсѣмъ рядомъ съ первою. Очевидно, предметъ этотъ нуждается

въ подробномъ и тщательномъ изученіи. Необходимо соединить наблюденія надъ солнцемъ съ лабораторными работами надъ спектрами испытуемыхъ элементовъ; только тогда можно будетъ дать удовлетворительный отчетъ относительно всѣхъ наблюдавшихся особенностей.

Линіи, составляющія истинный спектръ хромосферы, если можно такъ назвать его (т. е., тѣ линіи, которыя при соотвѣтственныхъ приспособленіяхъ всегда наблюдаются въ немъ), немногочисленны. Вотъ списокъ этихъ линій; мы обозначили ихъ по длинѣ волны, слѣдуя Роланду:

1.	7065,50	Гелій
2.	6563,05 C	Водородъ (Hα).
3.	5875,98 D_3 (тѣсно двойная)	Гелій.
4.	5316,87 Линія короны.	«Короній» ?.
5.	4861,50 F.	Водородъ (Hβ).
6.	4471,80 f.	Гелій.
7.	4340,66 g (близъ G).	Водородъ (Hγ).
8.	4101,85 h.	Водородъ (Hδ).
9.	3970,20 (въ H).	Водородъ (Hε).
10.	3968,56 H.	Кальцій.
11.	3933,86 K.	Кальцій.

Первую линію трудно, вообще, видѣть, хотя иногда она довольно замѣтна. Она лежитъ въ красномъ цвѣтѣ, между B и *a*; ей соотвѣтствуетъ очень слабая темная линія. У № 3 обыкновенно нѣтъ соотвѣтствующей темной линіи, хотя случайно появляется одна соотвѣтственная ей темная линія, особенно въ сосѣдствѣ съ солнечными пятнами. № 9 вся лежитъ въ широкой тѣни H линіи; такимъ образомъ, послѣдняя въ спектрѣ хромосферы является двойною.

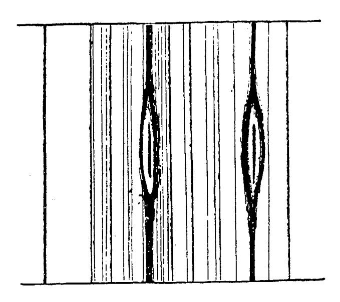
Одиннадцать отмѣченныхъ выше линій неизмѣнно присутствуютъ въ спектрѣ хромосферы, но весьма легко вызвать появленіе значительно большаго числа линій. Таковы:

1'.	6678,2	Гелій.	18'. 4924,1	Желѣзо.
2'.	6431,1	Желѣзо.	19'. 4922,3	Гелій.
3'.	6141,9	Барій.	20'. 4919,1	Желѣзо?
4'.	5896,2 D_1	Натрій.	21'. 4900,3	Барій.
5'.	5890,2 D_2	Натрій.	22'. 4584,1	Желѣзо.
6'.	5363,0	Желѣзо?	23'. 4501,4	Титанъ.
7'.	5284,6	Титанъ?	24'. 4491,5	Марганецъ.
8'.	5276,2	Хромъ?	25'. 4490,2	Марганецъ.
9'.	5234,7	Марганецъ.	26'. 4469,5	Желѣзо.
10'.	5198,2	? ?	27'. 4245,5	Желѣзо.
11'.	5183,8 b_1	Магній.	28'. 4236,1	Желѣзо.
12'.	5172,9 b_2	Магній.	29'. 4233,8	Желѣзо.
13'.	5169,2 b_3	Желѣзо.	30'. 4226,9	Кальцій.
14'.	5167,6 b_4	Магній.	31'. 4215,7	Стронцій.
15'.	5018,6	Желѣзо.	32'. 4077,9	Кальцій.
16'.	5015,8	Гелій.	33'. 4026,0	Гелій.
17'.	4934,3	Барій.	34'. 3889,1	Водородъ (Hζ).

Мы не стремимся однако внушить читателю, что, разъ появится одна изъ этихъ линій, появятся всѣ,—или что онѣ одинаково замѣтны и одинаково обычны. До извѣстной степени подборъ линій, данный здѣсь авторомъ, произволенъ:

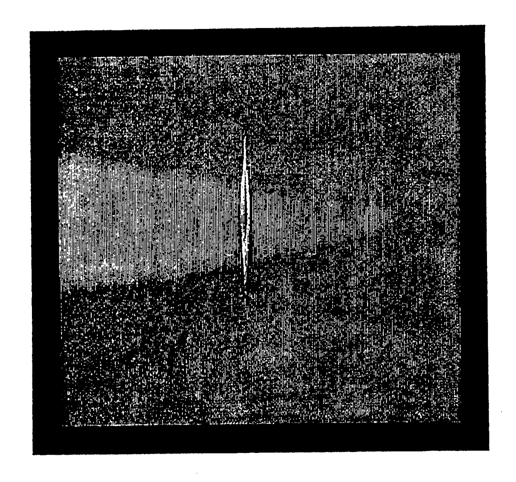
довольно часто удается различить почти столько-же другихъ линій. Нѣкоторыя изъ нихъ окажутся впослѣдствіи болѣе достойными занять мѣсто въ этомъ спискѣ, чѣмъ линіи, уже включенныя въ него.

Требуется много хлопотъ, чтобы удовлетворительнымъ образомъ обнаружить болѣе слабыя и нѣжныя линіи. Щель должна быть установлена съ величайшею заботливостью въ фокальной плоскости изслѣдуемыхъ лучей; нужно поставить ее касательно къ изображенію солнца и точно привести ко краю диска. Тысячная доля дюйма въ положеніи щели часто является единственной причиной неудачи операціи; достаточно легкаго движенія воздуха, чтобы число видимыхъ яркихъ линій уменьшилось, по крайней мѣрѣ, вдвое.



94. **Двойное обращеніе D—линій.**
Октябрь 1880 года.

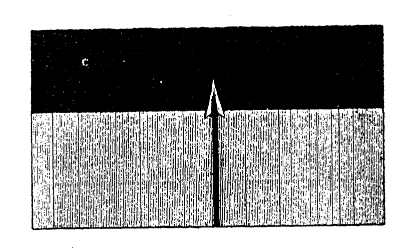
Большинство линій выступаютъ только вслѣдствіе болѣе или менѣе необычайныхъ возмущеній солнечной поверхности. Часто случается, что линіи искажены или смѣщены движеніями газовъ вдоль линіи зрѣнія: — къ наблюдателю или отъ наблюдателя, какъ разъяснено въ предыдущей главѣ. Отсюда происходитъ то, что Локіеръ назвалъ „формами движенія“. Затѣмъ по временамъ наблюдаются такъ называемыя „двойныя обращенія“, особенно у линій магнія и натрія. Темныя линіи этихъ элементовъ довольно широки въ солнечномъ спектрѣ. Когда происходитъ „обращеніе“ въ спектрѣ хромосферы, мы видимъ обыкновенно яркую тонкую линію въ центрѣ темной болѣе широкой полосы. При „двойномъ обращеніи“ яркая линія расширяется, и въ ея центрѣ появляется тонкая темная линія; тогда мы видимъ темную линію въ центрѣ, яркую линію по обѣимъ ея сторонамъ и темную тѣнь по обѣимъ сторонамъ яркой линіи. Рисунокъ 94 представляетъ двойное обращеніе D—линіи, которое нѣсколько разъ наблюдалось авторомъ въ 1880 году. Явленіе происходитъ повидимому вслѣдствіе присутствія необычайнаго количества паровъ значительной плотности и въ точности соотвѣтствуетъ тому, что наблюдается иногда въ спектрѣ пламени натрія. D—линія натрія состоитъ изъ двухъ линій; каждая изъ нихъ становится двойной; такимъ образомъ, мы



95. **Двойное обращеніе C—линіи.**
Фотографія.

получаемъ пары яркихъ линій вмѣсто одиночныхъ линій. Электрическая дуга часто показываетъ явленіе еще яснѣе.

У основанія выступа C, F, H и K линіи всегда подвергаются такому двойному обращенію. Рисунокъ 95 представляетъ фотографическій снимокъ C—линіи, недавно полученный Ридомъ въ Принстонѣ съ помощью большаго телескопа и спектроскопа. Щель была поставлена по касательной къ солнечному краю. Разумѣется, требуются изохроматическая пластинка и долгая экспозиція для того, чтобы получить такой отпечатокъ этой части спектра отъ „рубиноваго свѣта". Когда щель установлена такъ, что пересѣкаетъ край солнца по радіусу, яркія линія тамъ, гдѣ онѣ проэктируются надъ спектромъ фотосферы, принимаютъ форму „наконечника стрѣлы" (arrow head). Это видно на рисункѣ 96.



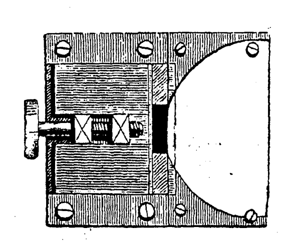
96. **Линія въ формѣ наконечника стрѣлы.**

Вообще, спектръ выступа проще, чѣмъ спектръ хромосферы у ея основанія. На значительной высотѣ надъ фотосферой мы рѣдко находимъ какія-нибудь линіи, исключая C, D3, F, g, h, H и K, хотя иногда встрѣчается линія f. Въ рѣдкихъ случаяхъ въ верхнія области попадаютъ пары натрія и магнія; разъ или два авторъ видѣлъ въ верхнихъ частяхъ выступа линію № 1 втораго списка (6678,2).

Наблюденія надъ выступами.

Когда спектроскопъ примѣняется для ознакомленія съ формами и особенностями выступовъ, разница состоитъ лишь въ томъ, что болѣе или менѣе расширяютъ щель.

Телескопъ направленъ такъ, что въ изображеніи солнца та часть солнечнаго края, которую желаютъ изслѣдовать, въ точности совпадаетъ съ касательной къ открытой щели. Это можно видѣть на рисункѣ 97. Онъ представляетъ щель спектроскопа и изображеніе солнца какъ разъ въ томъ положеніи, какое требуется для наблюденія.

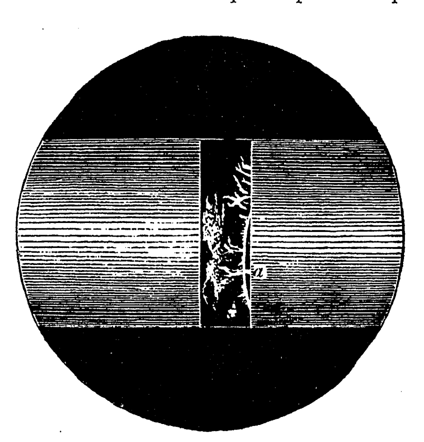


97. **Открытая щель спектроскопа.**

Допустимъ, что въ этой части солнечнаго края существуетъ выступъ (это правдоподобно, такъ какъ по близости расположены пятна, показанныя на рисункѣ), что при данномъ расположеніи спектроскопа C—линія падаетъ въ центръ поля зрѣнія; въ такомъ случаѣ, взглянувши въ окуляръ, мы увидимъ нѣчто весьма похожее на рисунокъ 98. Красная часть спектра вытянется поперекъ поля зрѣнія, подобно алой лентѣ съ поперечною темноватою полосой. Въ этой полосѣ появятся выступы. Они похожи на алыя облака. Ихъ сходство въ формѣ и строеніи съ земными облаками просто поразительно. Можно подумать, что вы смотрите на небо чрезъ полуоткрытую дверь, при закатѣ солнца; только нѣтъ разнообразія или контраста въ окраскѣ: всѣ облака одного и того-же чистаго алаго оттѣнка. Вдоль края отверстія видна хромосфера, болѣе блестящая, чѣмъ облака, которыя подымаются изъ

нея или плаваютъ надъ нею и по большей части состоятъ изъ язычковъ и волоконъ. Обыкновенно однако хромосфера видна менѣе отчетливо, чѣмъ верхнія облака. Причина—въ томъ, что близъ самаго края солнца, гдѣ температура и давленіе наивысшія, водородъ находится въ такомъ состояніи, что линіи его спектра расширены и „крылаты“ (winged), подобно линіямъ магнія, хотя въ меньшей степени. Каждая точка хромосферы, когда мы разсматриваемъ ее чрезъ открытую щель, представляется не точкой, а короткою линіей, направленною вдоль спектра. Длина этой линіи зависитъ отъ дисперсіи спектроскопа; легко видѣть, что можно зайти въ этомъ отношеніи слишкомъ далеко. Чѣмъ ниже дисперсія, тѣмъ полученное изображеніе отчетливѣе, но также и слабѣе въ сравненіи съ фономъ, на которомъ оно видно.

Какъ разъ ниже хромосферы (тамъ, гдѣ на рисункѣ поставлена буква *a*) край солнца кажется темнымъ; явленіе это въ теченіе нѣкотораго времени приводило наблюдателей въ смущеніе. Оно объясняется „двойнымъ обращеніемъ“ C—линіи у основанія хромосферы; мы уже говорили объ этомъ явленіи и изобразили его нѣсколькими страницами выше.



98. **Хромосфера и выступы, видимые въ спектрѣ.**

Если спектроскопъ установленъ на линію F вмѣсто C, мы получимъ такое-же изображеніе выступовъ и хромосферы; только оно будетъ синимъ, а не краснымъ. Обыкновенно, F — линія болѣе туманна и болѣе крылата, чѣмъ C; поэтому синее изображеніе нѣсколько менѣе отчетливо, менѣе совершенно въ подробностяхъ и менѣе годится для наблюденій. Такіе-же результаты можно получить, пользуясь желтою линіею близъ D и фіолетовою близъ G. Помѣстивъ передъ глазомъ фіолетовое стекло и тщательно исключивъ всякій посторонній свѣтъ, мы можемъ пользоваться также линіями H и K. Но визуальныя наблюденія въ этой части спектра крайне трудны и неудовлетворительны.

Не то съ фотографіей: для нея всего удобнѣе и легче воспользоваться именно этими линіями. Мы вернемся къ этому вопросу нѣсколько позже.

Профессоръ Уинлокъ и Локіеръ пытались получить изображеніе всей окружности солнца заразъ; для этого вмѣсто обыкновенной щели они употребляли кольцеобразное отверстіе. Попытка увѣнчалась успѣхомъ. Со спектроскопомъ достаточной силы и приспособленіями достаточно тонкими можно достигнуть цѣли; но до сихъ поръ повидимому не получено удовлетворительныхъ результатовъ. При визуальныхъ наблюденіяхъ мы все еще должны изслѣдовать окружность, такъ сказать, кусочками: для каждой точки приходится устанавливать инструментъ заново,—такъ, чтобы щель была касательною ко краю солнца.

Выступами значительной величины мы называемъ такіе, вышина которыхъ больше 16 000 километровъ. Число такихъ выступовъ, видимыхъ на окружности

солнца одновременно, никогда не бываетъ очень велико: рѣдко доходитъ оно до 25 или 30. Однако это число сильно измѣняется вмѣстѣ съ числомъ солнечныхъ пятенъ. Во время минимума солнечныхъ пятенъ выдаются моменты, когда наблюдатель не найдетъ ни одного выступа; среднее-же число выступовъ въ это время 5 или 6; нѣкоторые изъ нихъ—значительныхъ размѣровъ. Наблюденія Таккини и Секки показали, что числа выступовъ близко слѣдуютъ за ходомъ солнечныхъ пятенъ, хотя никогда не падаютъ такъ низко.

Таккини мы обязаны наиболѣе полною записью выступовъ, непрерывно идущей съ 1872 года; онъ даетъ ихъ число и распредѣленіе на солнцѣ, изображая всѣ особенно замѣчательныя формы. Многіе другіе принимали участіе въ наблюденіяхъ этого рода: венгерскіе наблюдатели Феній въ Калоксѣ и фонъ Готардъ въ Херени дали намъ много прекрасныхъ описаній и рисунковъ. Патеръ Перри и его помощникъ Сидгривсъ въ Стонихерстѣ также заслуживаютъ особаго упоминанія.

Распредѣленіе выступовъ на солнечной поверхности въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ сходно съ распредѣленіемъ пятенъ, но существуютъ и важныя различія. Пятна заключены внутри двухъ поясовъ, расположенныхъ по обѣимъ сторонамъ солнечнаго экватора; ширина каждаго пояса—20°; наибольшее число пятенъ въ каждомъ полушаріи сосредоточено около 20° широты. Что-же касается выступовъ, они наиболѣе многочисленны какъ разъ тамъ, гдѣ пятна наиболѣе обильны; но они не исчезаютъ на широтѣ 40°; они встрѣчаются даже у полюсовъ; начиная съ широты 60° ихъ число возростаетъ вплоть до широты 75°.

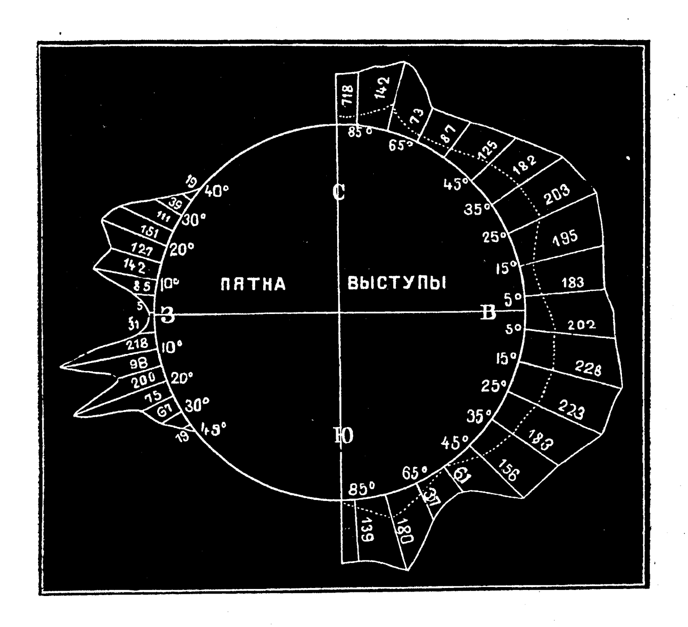
Приложенная діаграмма (рис. 76) представляетъ относительную численность выступовъ и пятенъ на различныхъ частяхъ солнечной поверхности. На лѣвой сторонѣ данъ результатъ Кэррингтона, который между 1853 и 1861 годами наблюдалъ 1 386 пятенъ; на правой—результатъ Секки, наблюдавшаго въ 1871 году 2 767 выступовъ *). Длина каждой радіальной линіи представляетъ число пятенъ или выступовъ, наблюдавшихся на данной широтѣ; каждая $^1/_4$ дюйма соотвѣтствуетъ 100 выступамъ. Напримѣръ, между 10° и 20° южной широты Секки наблюдалъ за время своей работы 228 выступовъ; соотвѣтственная линія, проведенная на 15° южной широты, на правой сторонѣ рисунка, равна поэтому $^{228}/_{400}$ или 0,57 дюйма. Другія линіи отложены тѣмъ же самымъ способомъ. Такимъ образомъ, неправильная кривая, проведенная чрезъ концы ихъ, представляетъ относительную численность этихъ явленій на разныхъ солнечныхъ широтахъ. Пунктирная линія на правой сторонѣ представляетъ тѣмъ же самымъ способомъ и въ томъ же самомъ масштабѣ распредѣленіе наиболѣе крупныхъ выступовъ, имѣвшихъ болѣе 1′ или 43 000 километровъ вышины.

Достаточно одного взгляда на діаграмму, чтобы видѣть, что выступы могутъ имѣть и дѣйствительно часто имѣютъ тѣсную связь съ пятнами; всетаки до нѣкоторой степени это—явленія независимыя.

---

*) Въ числѣ этихъ 2 767 выступовъ есть повторенія. Если выступъ, наблюдавшійся въ какой-нибудь день, оставался видимымъ наслѣдующій день, его записывали вновь. При вращеніи солнца около оси выступы, расположенные близъ полюса, движутся и пропадаютъ изъ виду медленно. Легко понять, почему число выступовъ, записанныхъ въ полярныхъ областяхъ, такъ велико.

Внимательное изученіе предмета показываетъ, что выступы гораздо тѣснѣе связаны съ факелами *). Во многихъ случаяхъ, по крайней мѣрѣ, слѣдя за факелами до самаго края солнца, мы находимъ, что они окружены выступами. Существуютъ основанія считать этотъ фактъ общимъ. Съ другой стороны, пятна, достигшія края солнечнаго диска, обыкновенно болѣе или менѣе окружены выступами. Однако рѣдко бываетъ, чтобы выступы покрывали пятно. Респиги утверждаетъ даже (и самыя тщательныя наблюденія, какія только могли мы сдѣлать, подтверждаютъ его выводъ), что непосредственно надъ пятномъ хромосфера обыкновенно сильно вдавлена. Однако Секки отрицаетъ это.



76. **Распредѣленіе выступовъ и солнечныхъ пятенъ.**

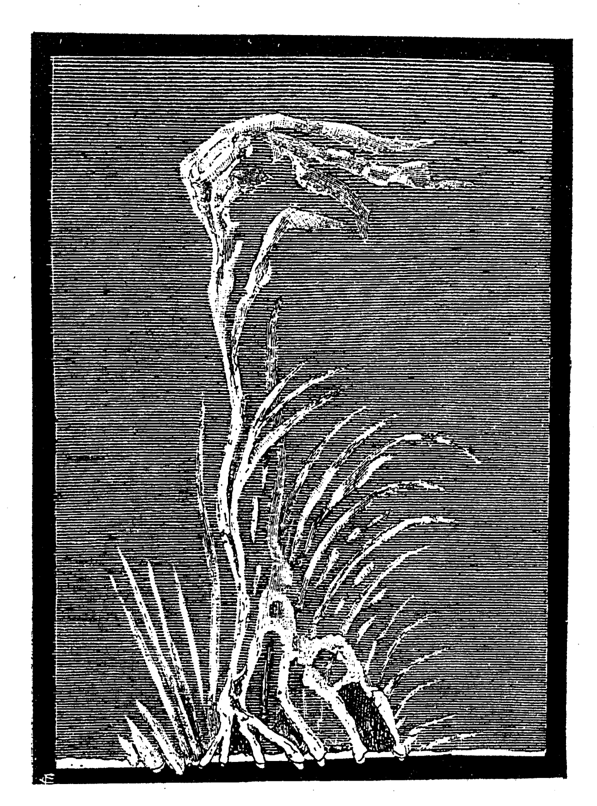
Величина и классификація выступовъ.

Выступы значительно различаются по величинѣ. Средняя глубина хромосферы недалека отъ 10″ или 12″ или отъ 8 000—10 000 километровъ. Поэтому не принято считать выступомъ облако, вышина котораго меньше 15″ или 20″, т. е., 11 000—14 000 километровъ. Изъ только-что упомянутыхъ 2 767 выступовъ, 1 964 достигали высоты 40″ или 29 000 километровъ. Нужно отмѣтить, что выступы меньшей величины крайне малочисленны и составляютъ не болѣе 1/3 общаго

*) См. стр. 80.

числа. 751 выступъ или приблизительно ¼ общаго числа имѣли вышину болѣе 1′ или 43 000 километровъ. Точное число выступовъ, достигавшихъ большой высоты, не указано. Вышина нѣкоторыхъ выступовъ была больше 3′ или 130 000 километровъ. Весьма рѣдко случается, чтобы выступъ достигъ высоты 160 000 километровъ. Авторъ видѣлъ всего, можетъ быть, три или четыре выступа, которые превышали 241 000 километровъ. Секки записалъ одинъ выступъ въ 480 000 километровъ.

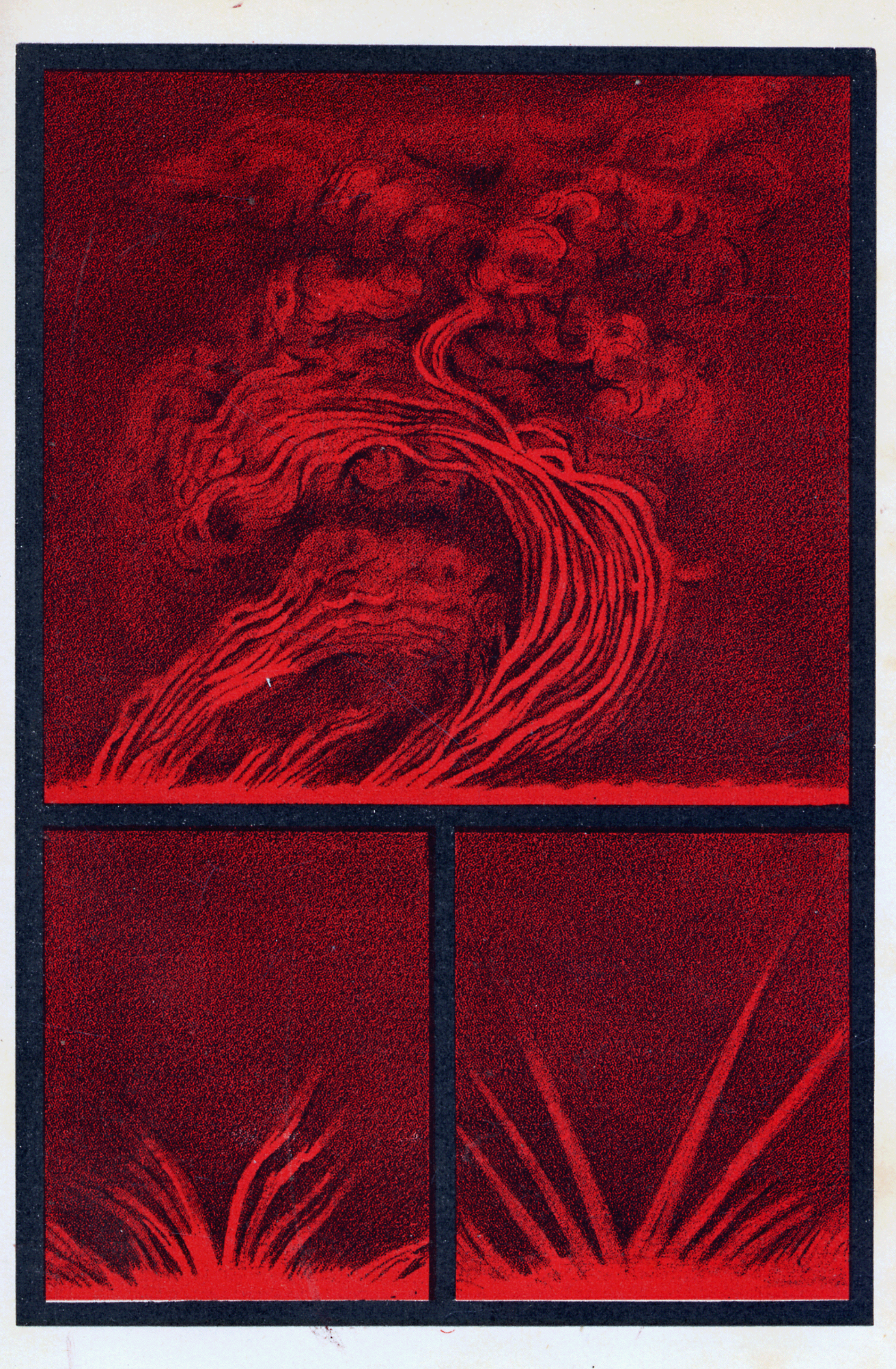
7 октября 1880 года авторъ наблюдалъ выступъ, достигшій небывалой вышины: болѣе 13′ дуги или 560 000 километровъ. Авторъ замѣтилъ его около 10 ч. 30 м. утра на юговосточномъ краѣ солнца; выступъ имѣлъ обычный видъ „рога“ вышиной почти въ 60 000 километровъ и не привлекалъ особаго вниманія. Получасомъ позже онъ сталъ весьма блестящимъ, и вышина его удвоилась. Въ теченіе слѣдующаго часа онъ вытягивался кверху, пока не достигъ огромной вышины, указанной нами раньше. Все время онъ распадался на волокна, которыя постепенно исчезали. Наконецъ, около 12 ч. 30 м. пополудни отъ выступа не осталось никакого слѣда. Телескопическое изслѣдованіе солнечнаго диска не обнаружило ничего, что могло бы объяснить такой необычайный взрывъ; виднѣлось лишь нѣсколько не очень блестящихъ факеловъ. Въ то время, какъ этотъ выступъ особенно быстро распространялся кверху, обнаружилось сильное циклоническое движеніе; о немъ свидѣтельствовало смѣщеніе спектральныхъ линій; H и K были обращены по всей вышинѣ спектра.



99. **Протуберанцъ 11 іюля 1892 года.**
Высота—около 400 000 верстъ.

По своей формѣ и строенію выступы различаются такъ-же значительно, какъ по величинѣ. Всѣми наблюдателями признаны два главныхъ класса: выступы спокойные, облачные или водородные и выступы эруптивные, изверженные

ТАБЛИЦА II.



Типы протуберанцевъ.

По Секки.

или металлическіе. Секки подраздѣляетъ эти классы дальше, на нѣсколько подклассовъ или разновидностей; однако не всегда легко различать ихъ.

Здѣсь, можетъ быть, умѣстно упомянуть, что Трувело настаиваетъ на существованіи „темныхъ“ выступовъ: это—облака болѣе холоднаго водорода, которыя поглощаютъ свѣтъ водорода, находящагося позади нихъ. Но, думается намъ, нѣтъ никакого доказательства, что это что-нибудь иное, а не „отверстія“. Таккини, съ другой стороны, склоненъ утверждать, что существуютъ „бѣлые“ выступы, которые даютъ непрерывный спектръ; такимъ образомъ, они не поддаются спектроскопическому наблюденію, хотя замѣтны для глаза и выходятъ на фотографической пластинкѣ во время полныхъ затменій, какъ это было въ 1883 году и въ декабрѣ 1889 года. Но этого свидѣтельства едва ли достаточно, чтобы убѣдить насъ въ существованіи такихъ предметовъ.

Спокойные выступы по формѣ и строенію очень походятъ на земныя облака. Они также значительно и такимъ же образомъ отличаются одинъ отъ другого. Очень обыкновенны хорошо извѣстные типы перистыхъ и слоистыхъ облаковъ; особенно часто наблюдаются перистыя, тогда какъ кучевыя и слоисто-кучевыя рѣже. Выступы этого класса часто достигаютъ огромной величины, особенно въ горизонтальномъ направленіи (вышина же бываетъ наибольшею у выступовъ эруптивныхъ). Они сравнительно постоянны; часто въ теченіе часовъ и дней незамѣтно никакихъ серьезныхъ перемѣнъ; близъ полюсовъ облачные выступы сохраняются иногда въ теченіе полнаго обращенія солнца, т. е., 27 дней. Иногда кажется, что они лежатъ на краѣ солнца, подобно грядѣ облаковъ на горизонтѣ; вѣроятно, въ этомъ случаѣ они такъ далеки отъ края диска, что наблюдатель видитъ только верхнія ихъ части. Когда выступъ виденъ сполна, онъ обыкновенно связанъ съ нижележащею хромосферою тонкими колоннами, которыя у основанія тоньше и составлены повидимому изъ отдѣльныхъ волоконъ, тѣсно перевитыхъ и расходящихся кверху. Иногда вся нижняя поверхность окаймлена висящими книзу волокнами, которыя напоминаютъ лѣтній ливень, падающій изъ густой грозовой тучи. Иногда эти волокна плаваютъ, совершенно отдѣленныя отъ хромосферы.



100. **Темный выступъ,** наблюдавшійся Трувело 7 октября 1892 года.

101—106. Выступы облачные или спокойные.

Масштабъ: 120 000 километровъ въ миллиметрахъ.



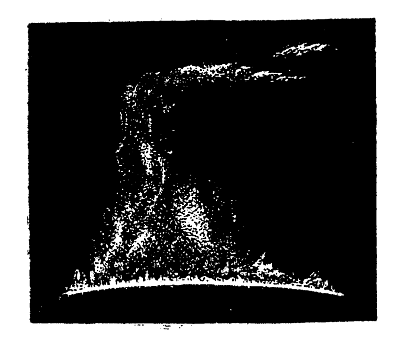
101. Облака.



102. Волокнистый.



103. Перья.



104. Размытый.

Общее правило то, что слои крупныхъ облаковъ сопровождаются маленькими облаками, отдѣленными отъ нихъ и расположенными по большей части горизонтально.

Прилагаемъ рисунки, которые даютъ представленіе о нѣкоторыхъ общихъ типахъ этого класса выступовъ; но передать въ точности ихъ нѣжную, воздушную красоту можно только при болѣе совершенной техникѣ гравированія.

Спектръ выступовъ обыкновенно весьма простъ и состоитъ изъ четырехъ линій водорода и трехъ линій гелія съ H и K. По временамъ появляются линіи натрія и магнія — и даже близъ вершины облаковъ. Это явленіе часто наблюдалось въ ясной атмосферѣ горы Шерманъ. Можно предположить, что явленіе перестанетъ быть рѣдкимъ, если увеличить силу нашихъ телескоповъ.

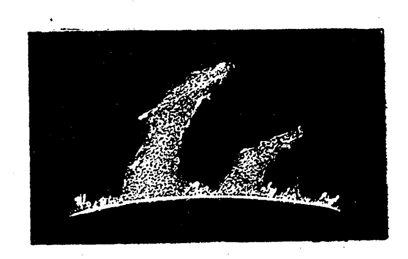
Происхожденіе этого рода выступовъ загадочно. Обыкновенно полагали, что это — остатки изверженій, что они состоятъ изъ газовъ, которые выброшены изъ-подъ солнечной поверхности и затѣмъ подверглись вліянію теченій, господствующихъ въ верхнихъ областяхъ солнечной атмосферы. Но близъ полюсовъ солнца изверженные выступы никогда не появляются; тамъ нѣтъ и слѣда воздушныхъ теченій, которыя перенесли бы въ тѣ области вещества, выброшенныя ближе къ экватору солнца. Самый видъ выступовъ показываетъ, что они возникаютъ тамъ, гдѣ мы ихъ видимъ. Правда, въ полярныхъ областяхъ сильныхъ изверженій не бываетъ; но тамъ можетъ происходить спокойное изліяніе нагрѣтаго водорода; этого достаточно, чтобы пояснить появленіе выступовъ. Вытекаетъ-же водородъ чрезъ самыя малыя поры солнечной поверхности, которыя близъ полюсовъ такъ-же обильны, какъ и въ другихъ мѣстахъ.

Но Секки приводитъ наблюденіе, которое, если только оно вѣрно, совершенно измѣняетъ постановку вопроса *).

Онъ видѣлъ, какъ маленькія изолированныя облака образовались и росли совершенно самостоятельно, безъ всякой замѣтной связи съ хромосферой или другими массами водорода; такъ въ земной атмосферѣ облака образуются изъ водянаго пара, который уже находился въ воздухѣ, но оставался невидимымъ до тѣхъ поръ, пока какое-нибудь мѣстное охлажденіе или измѣненіе давленія не вызвало его сгущенія. Слѣдовательно, эти выступы образуются потому, что водородъ, уже находящійся въ данной области, подвергается нагрѣванію или иному свѣтовому возбужденію, а совсѣмъ не потому, что извѣстныя вещества переносятся и стягиваются къ данному пункту съ нѣкотораго разстоянія. Что за причина производитъ этотъ эффектъ, этого невозможно опредѣлить въ настоящее время. Достойно замѣчанія, что спектральныя наблюденія во время затменій скорѣе благопріятны изложенному выше взгляду: они показываютъ, что водородъ въ слабосвѣтящемся состояніи на-



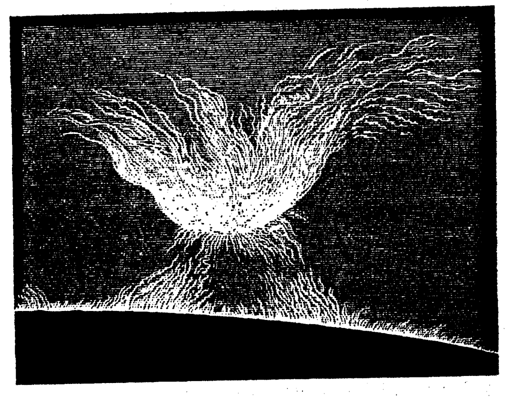
105. Стебли.



106. Рога.

*) 13 октября 1880 года авторъ впервые наблюдалъ то же явленіе. Въ этотъ день около 11 ч. утра на высотѣ около 2¹/₂' (109000 километровъ) надъ краемъ солнца появилось маленькое яркое облако. Не было ни явной причины, способной объяснить его появленіе, ни видимой связи съ хромосферой, находящеюся ниже. Облачко быстро росло, оставаясь приблизительно на одной и той же высотѣ. Въ теченіе часа оно развилось въ большое слоистое облако, неправильное наверху, но почти плоское внизу. Съ этой нижней поверхности свѣсились волокна. Около полудня этотъ предметъ обратился въ одинъ изъ обыкновенныхъ выступовъ, имѣвшій форму стебля и очень похожій на рисунокъ 105.

Очевидно, что это—явленіе незаурядное: за 20 слишкомъ лѣтъ наблюденій я видѣлъ его только три раза.

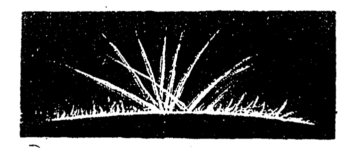


107. **Облачный выступъ.**
Наблюдался Секки 25 авг. 1872 г. Рисунокъ сдѣланъ Феррари.

ходится вокругъ всего солнца и на весьма большой высотѣ, много выше той, на которой обыкновенно располагается гряда выступовъ.

Въ большинствѣ случаевъ формы и измѣненія этого класса выступовъ сильно напоминаютъ о земныхъ облакахъ. Мы почти вынуждены вѣрить, что выступы плаваютъ въ средѣ, которая мало отличается отъ нихъ по плотности, хотя остается невидимой при спектроскопическомъ способѣ наблюденія.

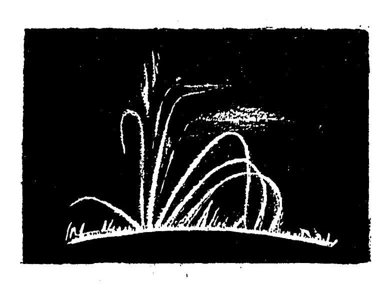
108—113. **Выступы эруптивные или изверженные.**
Масштабъ: 120 000 километровъ въ 25 миллиметрахъ.



108. Острія.



109. Снопъ и завитки.



110. Струи.



111. Вертикальныя волокна.

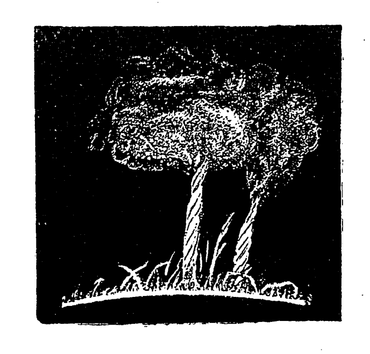
Выступы эруптивные или изверженные.

Выступы изверженные во многомъ отличаются отъ спокойныхъ: они гораздо ярче, живѣе, интереснѣе. Они состоятъ обыкновенно изъ блестящихъ нитей или струй, весьма быстро мѣняющихъ форму и яркость. Высота ихъ большею частью не превышаетъ 30 000 или 50 000 километровъ; но случается, что они поднимаются гораздо выше, чѣмъ самыя крупныя облака предшествующаго класса. Ихъ спектръ очень сложенъ, особенно близъ ихъ основанія; онъ часто наполненъ яркими линіями: особенно замѣтны линіи натрія, магнія, барія, желѣза и титана; совсѣмъ не рѣдки линіи кальція, хрома, марганца и, вѣроятно, сѣры; поэтому Секки назвалъ ихъ металлическими выступами.

Обыкновенно они появляются въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ пятномъ; никогда не встрѣчаютъ ихъ близъ полюсовъ солнца.

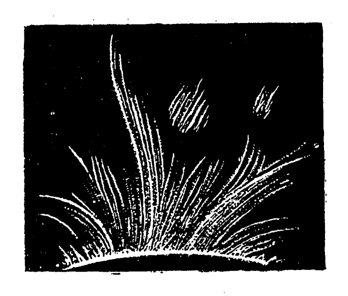
Ихъ форма и видъ измѣняются съ такой быстротой, что движеніе доступно для глаза: промежутка въ 15 — 20 минутъ часто совершенно достаточно, чтобы преобразовать до полной неузнаваемости массу этого пламени въ 80 000 километровъ высоты; иногда за этотъ промежутокъ заканчивается вся исторія развитія вплоть

до исчезновенія. Иногда выступъ состоитъ изъ остроконечныхъ лучей, расходящихся по всѣмъ направленіямъ, подобно игламъ ежа. Иногда онъ имѣетъ видъ пламени; иногда—видъ сноповъ хлѣба, иногда — видъ вращающагося смерча съ большимъ облакомъ наверху. По временамъ выступы самымъ точнымъ образомъ воспроизводятъ видъ струй воспламененной жидкости, поднимающихся и опускающихся по изящнымъ параболамъ. Часто они несутъ на своихъ краяхъ спирали, подобныя завиткамъ іонической колонны. Отъ выступовъ непрерывно отдѣляются волокна, которыя поднимаются на большую вышину, постепенно распространяясь и блѣднѣя, пока не исчезнутъ изъ виду. На приложенныхъ рисункахъ изображены нѣкоторыя изъ болѣе обычныхъ и типическихъ формъ; другіе рисунки иллюстрируютъ быстроту измѣненій; нѣтъ конца причудливымъ и любопытнымъ картинамъ, которыя при разнообразныхъ обстоятельствахъ представляются наблюдателю.



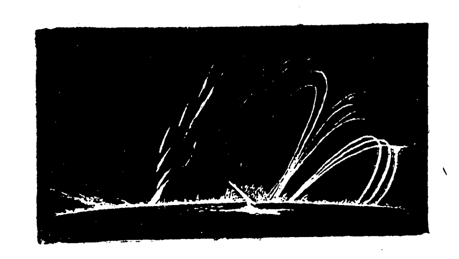
112. Циклонъ.

Скорость движеній часто больше 160 километровъ въ секунду; иногда-же, хотя весьма рѣдко, доходитъ до 320 километровъ. Мы имѣемъ дѣло съ дѣйствительными движеніями. Объ этомъ свидѣтельствуетъ искаженіе и смѣщеніе спектральныхъ линій. Оно показываетъ, что нѣкоторыя облачныя массы движутся съ отмѣченной выше скоростью то къ землѣ, то отъ земли (и, конечно, касательно къ солнечной поверхности).



113. Пламя.

3 августа 1872 года на горѣ Шерманъ было произведено наблюденіе надъ однимъ выступомъ,—наблюденіе, о которомъ мы уже упоминали въ предыдущей главѣ. Часть спектра этого выступа изображена на рисункѣ 115. F линію у 208 шкалы должно вообразить ослѣпительно блестящею; болѣе слабыя яркія линіи являются у 203,2, 208,8, 209,4 и 212,1 (шкала Кирхгофа); по всей длинѣ рисунка идутъ двѣ полосы сплошного спектра, произведенныя, вѣроятно, сжатіемъ газа въ точкахъ наибольшаго возмущенія. Наверху линія F доходитъ до точки 207,4; это свидѣтельствуетъ о движеніи, которое направлено

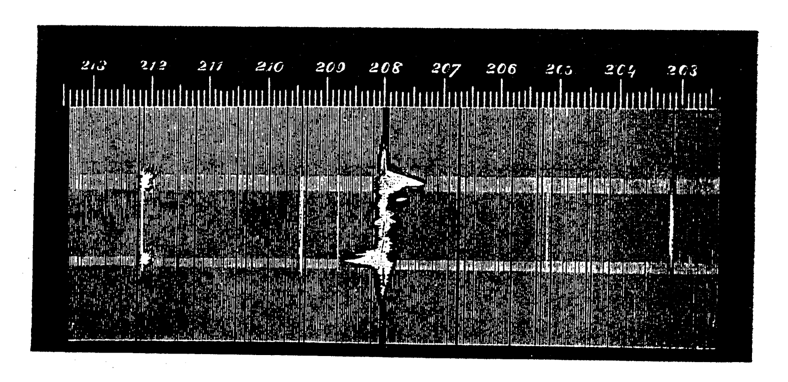


114. Пятно

близъ края солнца съ сопровождающими его струями водорода; наблюдалось 5 окт. 1871 г.

отъ насъ и совершается со скоростью около 370 километровъ въ секунду. Внизу линія F простирается до 208,7; слѣдовательно, другія массы водорода двигались къ намъ со скоростью около 400 километровъ въ секунду. Весьма замѣчательно, что это быстрое движеніе водорода повидимому не увлекало за собой многихъ другихъ веществъ, которыя въ то время были представлены въ спектрѣ яркими линіями; магній и натрій были нѣсколько затронуты, но барій и неизвѣстный элементъ короны—нисколько.

Какія же силы сообщаютъ такую скорость? Это—вопросъ крайне трудный. Если бъ мы могли допустить, что поверхность солнца тверда или жидка, какъ думаетъ Целльнеръ, можно было-бы представить, что передъ нами происходитъ изверженіе, подобное изверженіямъ земныхъ вулкановъ, но только въ солнечномъ масштабѣ. Мы можемъ однако почти съ увѣренностью сказать, что солнце—тѣло по преимуществу газообразное, и что его свѣтящаяся поверхность или фотосфера



115. **F—линія въ спектрѣ хромосферы 3 авг. 1872 года.**

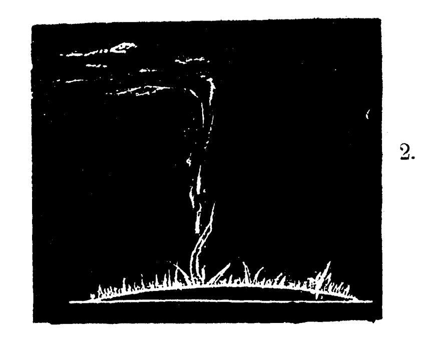
представляютъ слой раскаленныхъ облаковъ, подобныхъ земнымъ облакамъ, съ тою разницей, что капли воды замѣнены капельками металловъ. Но можетъ-ли подобный слой сжать газообразное ядро настолько сильно, чтобы произвести ужасную скорость, съ какою извергается вещество.

Чтобы обойти трудность, можно сослаться на огромное сгущеніе, которое должно происходить въ фотосферѣ. Солнце теряетъ столько теплоты, что могло-бы ежеминутно обращать въ жидкость слой льда, покрывающій всю его поверхность и имѣющій приблизительно 50 футовъ толщины. Разъ эта теплота доставляется путемъ сгущенія паровъ, ежеминутно долженъ получаться слой жидкости въ 6 футовъ толщиною. При этомъ предполагается, что скрытая теплота солнечныхъ паровъ не больше скрытой теплоты воды. Такъ-ли это,—навѣрное неизвѣстно; но если даже существуютъ пары, у которыхъ скрытая теплота больше, чѣмъ у водяного пара,—такихъ паровъ, насколько мы знаемъ, весьма немного. Слѣдовательно, вычисляя, сколько жидкости постоянно образуется на солнцѣ, мы можемъ считать свое опредѣленіе довольно точнымъ. Теперь—что мы видимъ на земной поверхности? Если во время грозы выпадаетъ два дюйма воды въ часъ, это—событіе очень рѣдкое:

это значитъ, вода падаетъ слоями. Допустимъ-же, что значительная часть солнечной теплоты обязана своимъ существованіемъ такому сгущенію солнечныхъ паровъ. Легко понять, что количество жидкости, выпадающей изъ солнечныхъ облаковъ, должно быть громаднымъ: капли не могутъ оставаться отдѣльными; по всей вѣроятности, онѣ соединяются въ массы или слои, болѣе или менѣе непрерывные; восходящіе газы должны прокладывать дорогу между ними или чрезъ нихъ, чрезъ эти слои. Вѣсъ восходящихъ паровъ долженъ постоянно равняться вѣсу нисходящихъ продуктовъ сгущенія. Поэтому восходящія теченія, прорываясь по сжатымъ каналамъ, должны двигаться съ огромною скоростью. Конечно, давленіе и температура должны быстро возростать отъ свободной поверхности книзу. Исходя изъ этихъ представленій, можно повидимому объяснить, почему поверхность водородной атмосферы возмущена изверженіями извнутри и почему массы газовъ, выброшенныя снизу, представляютъ въ выступахъ тѣ формы, какія мы описали выше. Становится естественнымъ, что въ этихъ „каналахъ“ или „трубахъ“, чрезъ которыя поднимаются пары, происходятъ настоящія изверженія, когда при различныхъ условіяхъ температуры и давленія смѣшанные газы достигаютъ точки, гдѣ они соединяются. Эти изверженія прекрасно объясняли бы такія явленія, какія изображены на рисункахъ, когда облака водорода были отброшены на высоту болѣе 300 000 километровъ со скоростью, которая въ началѣ должна была превосходить 300 километровъ въ секунду. Принявъ въ разсчетъ сопротивленіе атмосферы, Прокторъ показалъ, что эта скорость можетъ превзойти 800 километровъ. Послѣдней скорости достаточно, чтобы совершенно освободить тяжелое тѣло отъ вліянія солнечнаго притяженія и бросить его въ пространство, откуда оно уже не возвратится на солнце.


1.

2 ч. 15 мин. по-полудни.


2.

2 ч. 45 мин. по-полудни.


3.

3 ч. 30 мин. по-полудни.

116—118. **Выступъ 25 іюля 1872 г.**

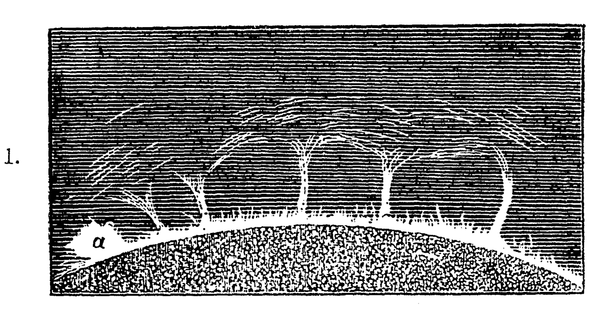
Наблюденіе Юнга. Рисунки показываютъ, какъ постепенно измѣняется видъ выступа.

Масштабъ: 160 000 километровъ въ 25 миллиметрахъ.

Эти скорости больше всѣхъ извѣстныхъ до сихъ поръ на землѣ. Неудивительно, что многіе неохотно допускали ихъ. Предполагали, что движутся не матеріальныя массы, а только формы,—что переносятся съ одного мѣста на другое лишь области свѣченія, въ то время какъ сами газы остаются въ покоѣ. Такъ

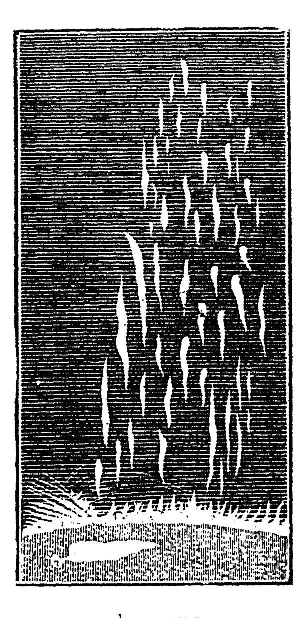
искра проносится съ одного конца длинной пороховой дорожки до другого, такъ пламя выбрасывается чрезъ печную трубу. Это предположеніе во многихъ отношеніяхъ прекрасно соотвѣтствуетъ фактамъ. Выступы, которые кажутся спокойными, можно сравнить съ водопадами и струями газоваго пламени: это постоянныя формы, образованныя устойчивою послѣдовательностью матеріальныхъ частицъ. Выступы съ быстрымъ движеніемъ, судя по ихъ виду, могутъ быть вспышками, которыя быстро проносятся по обширнымъ массамъ сравнительно неподвижнаго газа. Если усвоить этотъ взглядъ, можно вообразить, какъ сдѣлалъ Брестеръ, что солнце спокойно и

1.



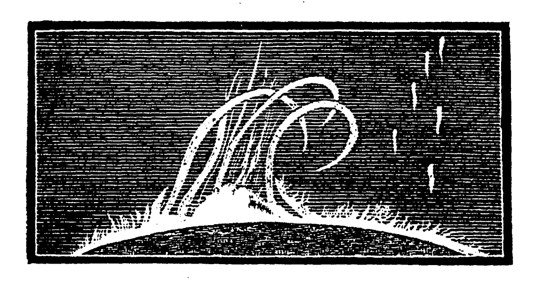
12½ ч. дня.

2



1 ч. дня.
Массы раскаленнаго водорода взлетѣли на высоту больше 300 000 километровъ.

3.



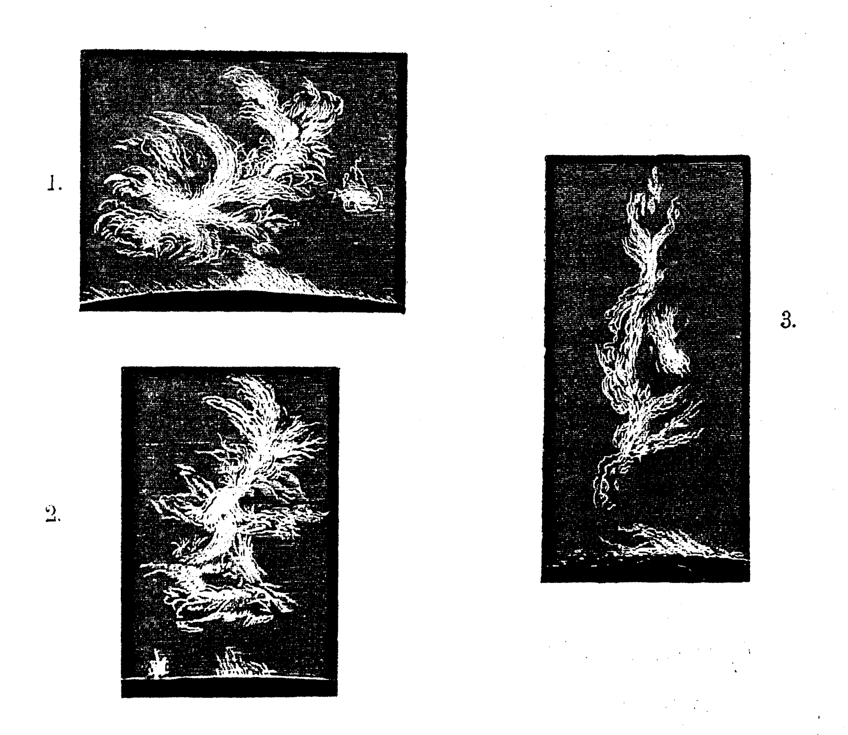
1 ч. 15 м. дня.

119—121. **Выступъ, наблюдавшійся Юнгомъ 7 сент. 1871 года.**

составлено изъ слоевъ различной плотности, лежащихъ одинъ на другомъ; каждый слой находится въ состояніи устойчиваго равновѣсія, такъ что сколько-нибудь значительныя вертикальныя движенія невозможны, горизонтальныя движенія также немедленно задерживаются. Что представляется намъ струями и языками пламени, яростной огненной бурей, то въ дѣйствительности представляетъ сходство со вспышками полярныхъ сіяній въ земной атмосферѣ.

Существуетъ фактъ, который является рѣшительнымъ возраженіемъ противъ этой теоріи, если только нельзя отклонить его: линіи спектра свидѣтельствуютъ о быстрыхъ движеніяхъ по линіи зрѣнія; массы водорода и гелія, паровъ желѣза и кальція движутся къ намъ или отъ насъ съ ужасающею скоростью. Поэтому Брестеръ, а съ нимъ и другіе утверждаютъ слѣдующее: хотя движеніе свѣтящейся массы ма-

теріи къ наблюдателю или отъ наблюдателя произведетъ какъ разъ такія смѣщенія линій, какія наблюдаются въ спектрѣ солнца, нельзя однако думать, что это движеніе—единственное ихъ объясненіе. По его словамъ, движеніе простой свѣтящейся формы произведетъ тотъ же самый эффектъ: представимъ, что на разстояніи 10 километровъ отъ насъ устроена дорожка изъ пороха, что ее зажгли съ конца, ближайшаго къ намъ, и что вспышка достигла другого конца въ 10 секундъ; спектръ



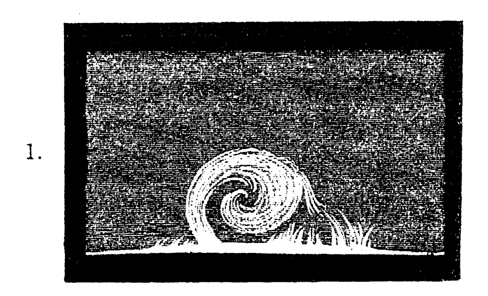
122—124. **Выступъ, наблюдавшійся Секки 3 апр. 1872 года.**

За короткій промежутокъ съ 8 ч. 44 м. до 9 ч. 10 м. высота выступа увеличилась на 130 000 километровъ; слѣдовательно, средняя скорость равнялась $90^1/_2$ килом. въ секунду. Выступъ достигъ высоты почти въ 350 000 километровъ.

этой вспышки говорилъ-бы о скорости 1 километра въ секунду и о направленіи отъ насъ. Но это ученіе ничѣмъ не доказано. Нельзя указать никакого теоретическаго основанія; по крайней мѣрѣ, насколько мы знаемъ, не было приведено ни одного довода. Почему фазы свѣтовыхъ волнъ, посылаемыхъ вспышкою изъ каждой точки ея 10-километроваго пути, должны дойти до наблюдателя съ однимъ и тѣмъ же правильнымъ запозданіемъ, какъ въ случаѣ свѣтящагося шара, движущагося по тому же самому пути и съ тою же скоростью? Разъ это условіе или равносильное ему не наблюдается, начало Доплера не имѣетъ приложенія. Кромѣ того, до сихъ поръ не приведено никакого опытнаго доказательства; мы не знаемъ ни одного способа, посредствомъ котораго можно было-бы провѣрить эту гипотезу.

Весьма любопытную теорію относительно строенія солнца предложилъ недавно Шмидтъ въ Штутгартѣ; различные авторы много писали объ ней (въ смыслѣ, скорѣе благопріятномъ для теоріи, которая представляетъ интересъ съ математической точки зрѣнія). Теорія состоитъ въ слѣдующемъ: солнце — большой шаръ изъ нагрѣтаго прозрачнаго газа; въ центрѣ плотность гораздо больше; кажущаяся опредѣленность контура происходитъ вслѣдствіе любопытной рефракціи свѣта въ данной средѣ. Лучи отъ точекъ, лежащихъ позади солнечнаго центра, согласно съ этою теоріей, доходятъ до насъ со всей окружности края. Фотосфера и хромосфера это—оптическое смѣшеніе лучей отъ совершенно различныхъ точекъ внутри шара; большая часть явленій, видимыхъ нами на и около солнечной поверхности, относятся къ чисто оптическимъ, подобно цвѣтнымъ кругамъ, радугамъ и миражамъ.

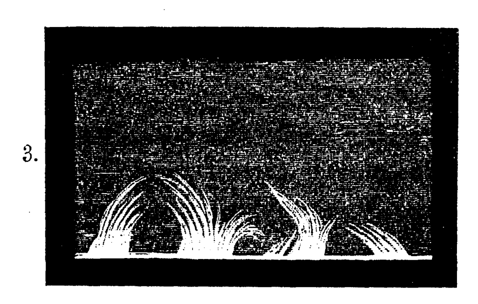
1.



2.



3.



125—127. **Выступъ, наблюдавшійся Секки 22 октября 1872 года.**
Свѣтлыя струи вились спиралью.

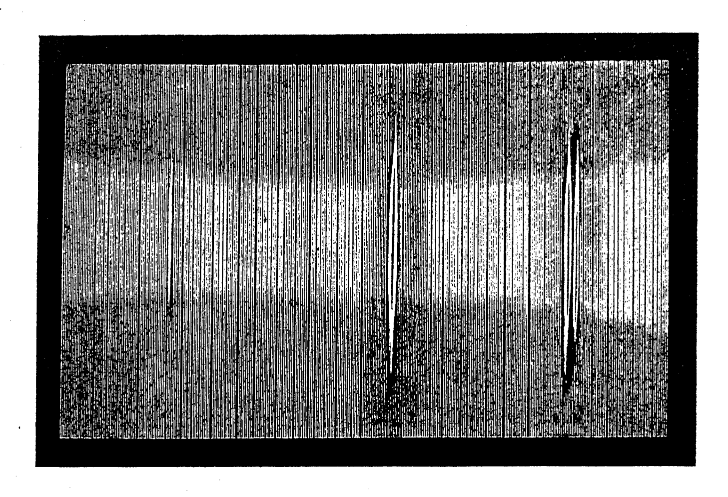
Достаточно, впрочемъ, сдѣлать одно указаніе: если этотъ шаръ содержитъ металлическіе пары, онъ не можетъ оставаться сполна газообразнымъ въ теченіе долгаго времени. Въ его внѣшнихъ областяхъ, тамъ, гдѣ онъ выставленъ на холодъ пространства, неизбѣжно начнется сгущеніе; возникнутъ раскаленныя облака, появится „фотосфера“, и шаръ „одѣнется свѣтомъ, какъ ризой“. Данную теорію можно прилагать только къ массѣ, составленной цѣликомъ изъ газовъ „постоянныхъ“, т. е., такихъ, которые не обращаются ни въ жидкое, ни въ твердое состоянія даже при самыхъ низкихъ температурахъ,какимъ только они могутъ подвергнуться. Можетъ быть, мы имѣемъ такія тѣла въ планетныхъ туманностяхъ.

Фотографія выступовъ.

Уже въ 1870 году авторомъ были сдѣланы попытки фотографировать выступы: отчасти онѣ увѣнчались успѣхомъ. Къ спектроскопу, изображенному на

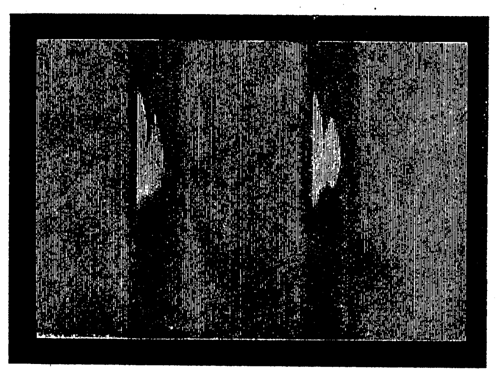
128. **Выступъ 29 апрѣля 1872 года.**

страницѣ 146, была приложена небольшая камера; послѣ 4-минутной экспозиціи получался отчетливый отпечатокъ выступа; для этого пользовались водородною линіей g (Hγ). Это было во времена мокраго коллодіоннаго процесса; необходимость столь

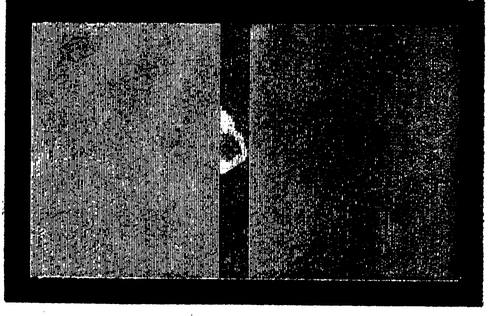


49. **Двойное обращеніе H и K—линій.**

долгой экспозиціи несомнѣнно указывала, что не стоитъ продолжать дѣло такимъ образомъ. Все измѣнилось со введеніемъ новой сухой пластинки. За дѣло вновь взялись въ 1889 и 1890 годахъ почти одновременно Деляндръ во Франціи и

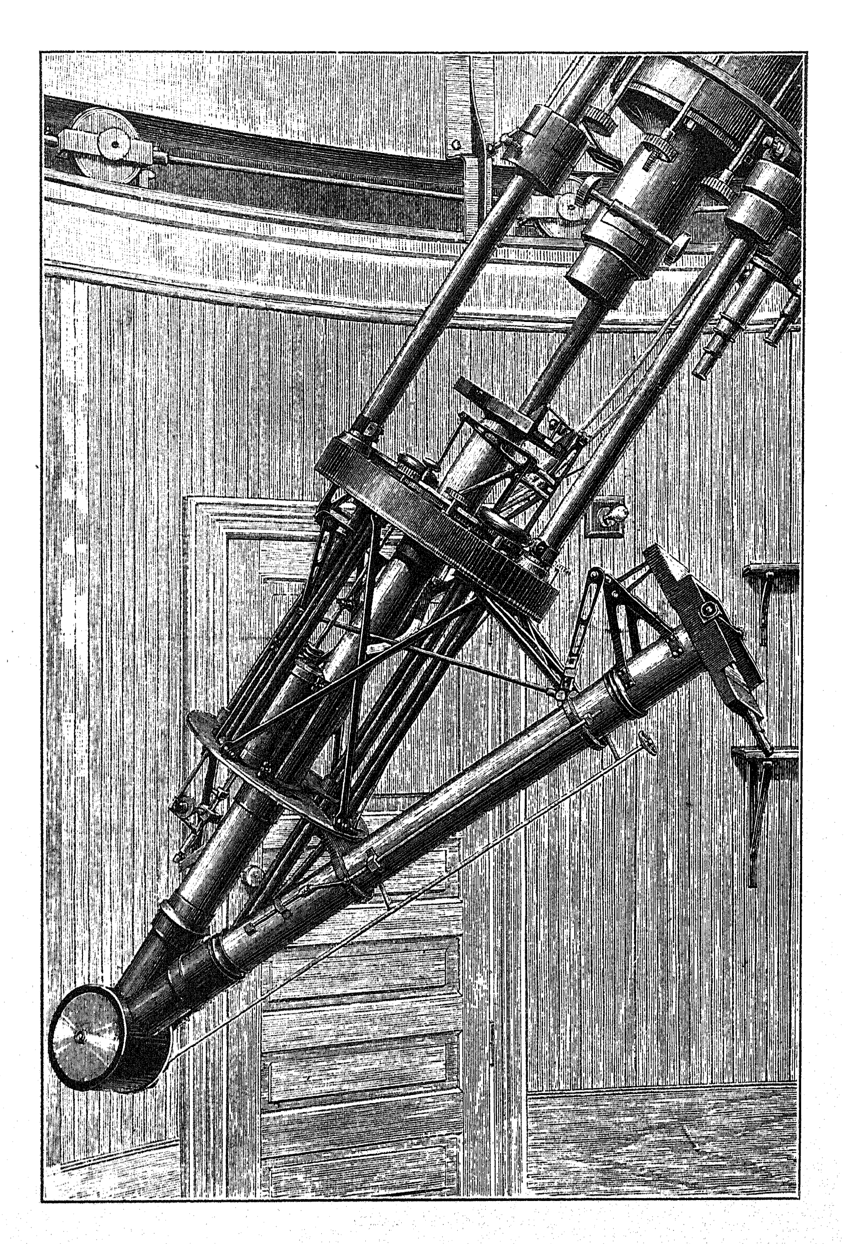


129. **Выступы въ H и K—линіяхъ.**
Съ фотографіи.



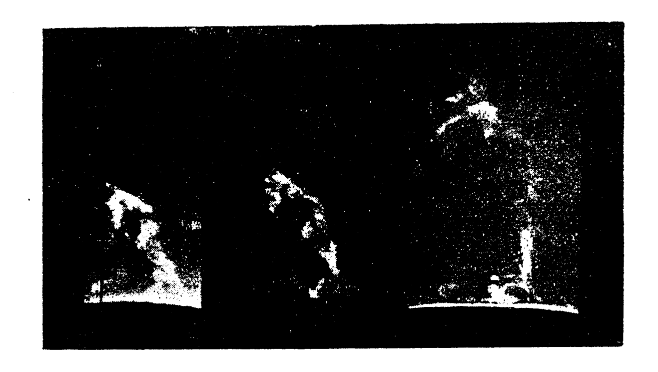
130. **Выступъ C—линіи.**
Съ фотографіи.

Джорджъ Хэль въ Чикаго. Въ 1891 году достигли возможности получать весьма хорошіе снимки выступовъ умѣренной величины; для этого брали сильный спектроскопъ, помѣщали на мѣсто глаза фотографическую пластинку и пользовались ли-



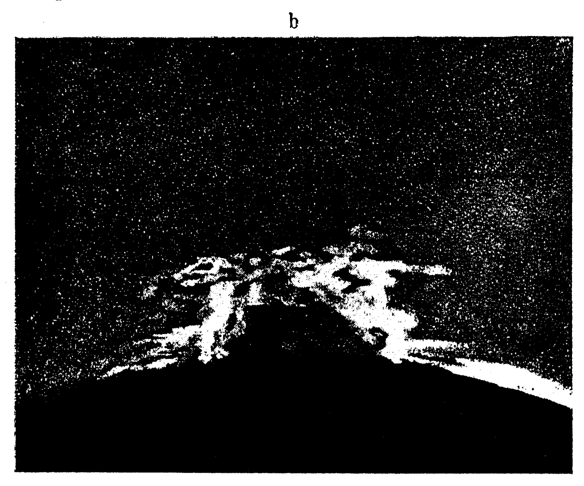
131. **Спектрогеліографъ Хэля.**

ніями H и K. Если щель узка, мы получаемъ просто двойное обращеніе H и K, какъ показано на рисункѣ 49. (Слѣдуетъ отмѣтить мимоходомъ водородную линію (Hε), столь близкую къ H. Въ теченіе многихъ лѣтъ недоумѣвали, почему въ спектрахъ



132. **Выступъ 25 марта 1895 года.**
Снимокъ, сдѣланный съ помощью спектрогеліографа Хэля.

звѣздъ такъ называемаго „перваго“ класса, какъ Вега, замѣтна линія H, а линіи K недостаетъ. Наконецъ, Эмсъ открылъ эту водородную линію; тогда задача была рѣшена: въ спектрѣ Веги H принадлежитъ водороду, а не кальцію). Вернемся

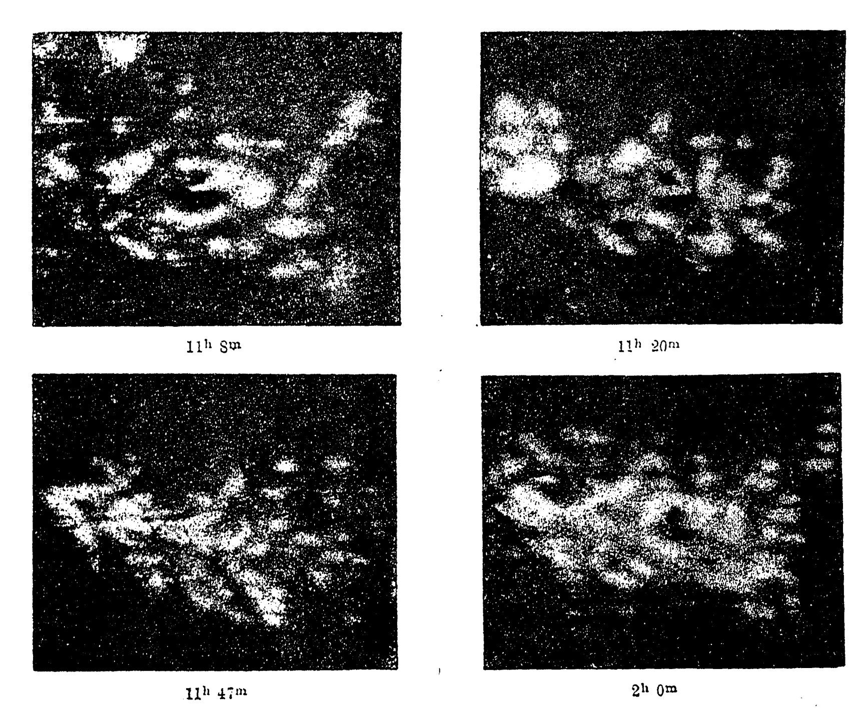


133. **Выступъ 3 іюля 1894 года.**
Снимокъ Хэля.

къ нашему предмету. Если мы просто откроемъ щель, насколько это возможно, мы получимъ изображеніе выступа въ обѣихъ полосахъ, какъ показано на рисункѣ 129. Экспозиціи въ 5 секундъ вполнѣ достаточно. Въ Принстонѣ, пользуясь изохроматическими пластинками съ экспозиціей въ нѣсколько минутъ, мы могли фотографи-

ровать выступы даже въ C линіи (рисунокъ 130). Но для этого требуются крайне аккуратная установка часового механизма телескопа и тщательность манипуляцій.

Съ открытою щелью приходится однако ограничиваться неслишкомъ большими выступами, и отчетливость не очень совершенна. Этихъ затрудненій можно избѣжать, примѣняя устройство, давно придуманное Жансеномъ и другими еще въ первыя времена наблюденій надъ выступами. Спектроскопъ снабженъ второю щелью у окулярнаго конца зрительной трубы; въ нѣкоторыхъ формахъ прибора эта щель и щлье у коллиматора—обѣ свободно движутся взадъ и впередъ въ фокальной плоскости

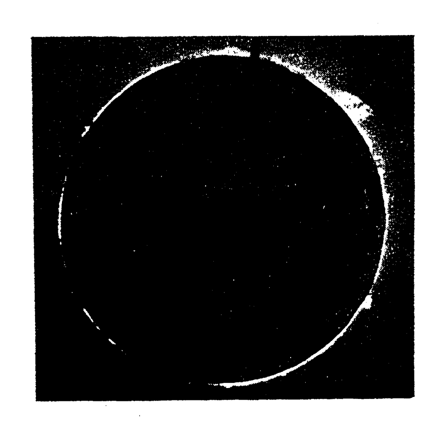


134. **Изверженіе раскаленныхъ газовъ на поверхности солнца,** фотографированное Хэлемъ 15 іюля 1892 года съ помощью спектрогеліографа.

и вдоль спектра. Пусть каждая щель приходится сначала въ центрѣ линіи движенія. Пусть призма или рѣшетка установлены такъ, что K линія видна чрезъ вторую щель. Если теперь станетъ скользить щель коллиматора, линія K будетъ двигаться прочь отъ второй щели. Чтобы держать ее въ виду, необходимо привести въ движеніе и вторую щель. Это можно выполнить автоматически: обѣ подставки со щелями можно связать одну съ другою при помощи того или иного механизма; въ такомъ случаѣ движенія одной будутъ въ точности соотвѣтствовать движеніямъ другой. Если прибавить сюда фотографическую пластинку съ ея принадлежностями, получимъ такъ называемый „спектрогеліографъ“.

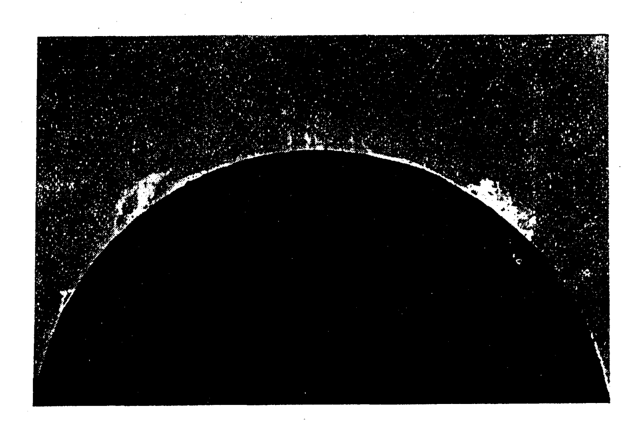
Рисунокъ 131 даетъ снимокъ съ инструмента, съ которымъ профессоръ Хэль работалъ въ 1892 году на Кенуудской астрономической обсерваторіи въ Чикаго.

Чтобы фотографировать выступъ, нужно направить телескопъ такъ, чтобы привести основаніе выступа на щель коллиматора; щель должна быть касательной къ солнечному краю. Если установка вѣрна, часовой механизмъ экваторіала удержитъ щель въ этомъ положеніи. Тогда мы заставляемъ ее медленно и постепенно скользить вверхъ, къ вершинѣ выступа (въ инструментѣ Хэля это дѣлается съ помощью гидравлическаго аппарата); въ то же самое время другая щель движется передъ чувствительною пластинкой; такимъ образомъ, пластинка получаетъ одинъ за другимъ отпечатки всѣхъ частей выступа. Какъ примѣръ фотографическаго снимка, выполненнаго такимъ способомъ, мы даемъ рисунокъ 132. Данный снимокъ сдѣланъ 25 марта 1895 года.



135. **Спектрогеліографическій снимокъ всей хромосферы.**

Наибольшая вышина выступа — около 452 000 километровъ. Вертикальныя темныя черты это—„пыльныя линіи“; ихъ производятъ частицы пыли, осѣвшія на щель, или неровности ея краевъ. Черты, перпендикулярныя къ нимъ, объясняются ничтожными неправильностями движенія, производимаго гидравлическою „клепсидрой“.



136. **Спектрогеліографическій снимокъ выступовъ.**

Возьмемъ непрозрачный дискъ соотвѣтственной величины и закроемъ изображеніе солнца; тогда можно довольно медленно въ теченіе одного дня обвести щель по всей хромосферѣ: одна экспозиція доставитъ намъ рисунокъ всей цѣпи выступовъ, окружающихъ солнце въ данное время. Рисунки 135 и 136 были получены такимъ путемъ на Кенуудской обсерваторіи, хотя мы не можемъ съ точностью обозначить время.

Закончивъ такую экспозицію, удалимъ экранъ, закрывавшій солнечный дискъ; заставимъ щель коллиматора снова описать прежній путь (теперь уже быстро); мы получимъ не только хромосферное кольцо съ выступами, лежащими внѣ его, но и всю поверхность солнца, какъ видна она въ монохроматическомъ свѣтѣ K линіи. Области факеловъ обнаружатся особенно рѣзко. Отсылаемъ читателя ко мнѣніямъ Хэля и Деляндра, изложеннымъ выше на стр. 80. Рисунокъ 51 на страницѣ 81 представляетъ примѣръ такихъ снимковъ, взятый также у Хэля.

Въ устройствѣ двухъ щелей возможны разнообразныя измѣненія. Въ одномъ случаѣ спектроскопъ и его щели неподвижны, а изображеніе солнца движется по щели коллиматора вслѣдствіе суточнаго движенія; фотографическая пластинка увлекается съ тою же самою скоростью и въ томъ же самомъ направленіи посредствомъ соотвѣтственнаго часового механизма. Въ этомъ случаѣ большой телескопъ, дающій изображеніе солнца, обыкновенно закрѣпленъ въ горизонтальномъ положеніи, и солнечные лучи направляются внутрь его посредствомъ плоскаго зеркала, какъ въ американскихъ инструментахъ для наблюденія прохожденій Венеры. Такъ былъ устроенъ инструментъ Деляндра, который получилъ съ нимъ всѣ результаты, достигнутые Хэлемъ.

Въ большомъ спектрогеліографѣ, построенномъ теперь подъ руководствомъ Хэля для гигантскаго 40-дюймоваго экваторіала обсерваторіи Іеркеса, щели въ спектроскопѣ неподвижны; но весь спектроскопъ такъ устроенъ въ станкѣ, связывающемъ его съ экваторіаломъ, что можетъ двигаться чрезъ 7—дюймовое изображеніе солнца, между тѣмъ какъ фотографическая пластинка остается неподвижною.

Всѣ, изучающіе физику солнца, съ большимъ интересомъ ожидаютъ примѣненія новыхъ способовъ и приборовъ Хэля.

VII.

Корона.

Общій видъ явленія.—Различныя представленія.—Затменія 1857, 1860, 1867 1868, 1869, 1871, 1878, 1882, 1889 и 1893 годовъ.—Корона принадлежитъ солнцу. —Яркость короны.—Связь съ періодомъ солнечныхъ пятенъ.—Спектръ короны.—Приложеніе спектроскоповъ:—анализатора и интегратора.—Поляризація.—Составъ короны, указываемый спектроскопомъ безъ щели.—Перемѣны и движенія въ коронѣ.—Ея формы и строеніе.—Теоріи относительно ея природы и происхожденія.

Полное затменіе солнца безспорно одно изъ самыхъ поразительныхъ явленій природы; особенно сильное впечатлѣніе производитъ корона или свѣтлый вѣнецъ, окружающій солнце. Если небо ясно, луна представляется тогда почти черною, какъ чернила, но достаточно освѣщенною по краямъ, чтобы ея шарообразность обнаружилась самымъ поразительнымъ образомъ. Луна кажется не плоскимъ экраномъ, а большимъ чернымъ шаромъ, что вполнѣ соотвѣтствуетъ дѣйствительности. Изъ-за луны по всѣмъ направленіямъ льются блестящія нити, лучи и слои жемчуж-

наго свѣта, которые достигаютъ иногда разстоянія нѣсколькихъ градусовъ отъ солнечной поверхности. Они образуютъ неправильный лучистый вѣнецъ, центръ котораго занятъ чернымъ шаромъ луны. Часть короны наиболѣе близкая къ солнцу блещетъ ослѣпительно, хотя всетаки менѣе ярко, чѣмъ выступы, которые просвѣчиваютъ сквозь нее, подобно рубинамъ. Высота внутренней части короны довольно однообразна: она представляетъ кольцо шириною въ 3 или 4 минуты. Оно отдѣлено довольно отчетливой линіей отъ внѣшней части короны, которая простирается на разстояніе гораздо большее и обладаетъ формой гораздо болѣе неправильной. Обыкновенно имѣется нѣсколько такъ называемыхъ „трещинъ“; онѣ похожи на узкіе темные лучи, которые тянутся отъ истиннаго края солнца, сливаясь со мракомъ окружающаго пространства; у нихъ есть сходство съ тѣми тѣнями отъ облаковъ, которыя исходятъ отъ солнца передъ грозой. Но края этихъ трещинъ часто бываютъ искривлены; отсюда видно, что это, во всякомъ случаѣ, не тѣни. Иногда замѣтны узкіе яркіе лучи такой-же длины, какъ трещины, или даже длиннѣе трещинъ. Эти лучи часто представляются наклонными, иногда же почти касательными къ солнечной поверхности; часто они бываютъ кривыми. Въ общемъ, корона обыкновенно ниже и блѣднѣе у полюсовъ солнца; бросается въ глаза стремленіе скопляться надъ средними широтами или надъ поясами пятенъ. Общее впечатлѣніе таково, что корона стремится принять форму четыреугольника или четырехъ-лучевой звѣзды, хотя почти въ каждомъ частномъ случаѣ эту форму сильно видоизмѣняютъ неправильные лучи. Въ предыдущей главѣ мы уже упоминали, что первыя наблюденія надъ хромосферою были сдѣланы повидимому немного болѣе ста лѣтъ тому назадъ. Между тѣмъ корона извѣстна съ древности и описана Филостратомъ и Плутархомъ почти въ тѣхъ же выраженіяхъ, какими мы пользуемся и въ настоящее время. Но наши свѣдѣнія относительно этого явленія и нынѣ остаются крайне ограниченными. Хромосферу и выступы, благодаря спектроскопу, мы можемъ изучать, почти не стѣсняясь временемъ. Корона-же по прежнему доступна только въ краткіе и драгоцѣнные моменты полнаго затменія,—въ общемъ, не болѣе нѣсколькихъ дней въ столѣтіе. Такимъ образомъ, наши знанія объ ея причинѣ и природѣ даже въ лучшемъ случаѣ будутъ рости медленно.

Самый характеръ явленія до крайности затрудняетъ точное наблюденіе. Слабыя различія въ прозрачности атмосферы, въ чувствительности глаза наблюдателя, какая-нибудь черта, которая случайно первая поражаетъ его вниманіе и овладѣваетъ его умомъ, своеобразная манера воспроизводить видѣнное—все это часто служитъ причиной такихъ разногласій между описаніями и рисунками двухъ наблюдателей, работавшихъ совсѣмъ рядомъ, что трудно представить, чтобъ они относились къ одному и тому-же предмету. Напримѣръ, въ 1870 году два морскихъ офицера на палубѣ одного и того-же корабля сдѣлали по наброску короны. Одинъ представилъ ее, какъ звѣзду изъ шести лучей; на рисункѣ другого она состоитъ изъ двухъ оваловъ, пересѣкающихся подъ прямымъ угломъ. Въ 1878 году непосредственно послѣ затменія авторъ сравнилъ наблюденія членовъ своей экспедиціи. Около половины наблюдателей видѣли корону растянутою въ направленіи востокъ-западъ. Между тѣмъ другая половина, въ томъ числѣ авторъ, были положительно увѣрены, что корона простиралась преимущественно къ сѣверу и югу. Фотографическія и другія данныя, собранныя съ того времени, сдѣлали несомнѣннымъ, что

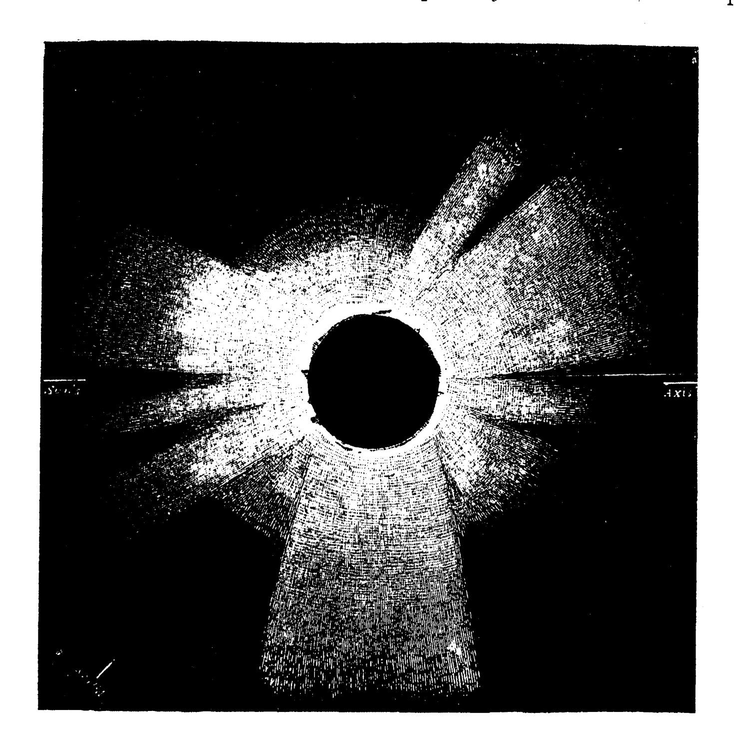
ТАБЛИЦА III.

Корона,
срисованная Ліэ въ 1857 году.

Корона,
срисованная Таккини въ 1870 году.

корона была вытянута, главнымъ образомъ, по линіи востокъ-западъ; но были еще лучи, гораздо лучше очерченные, хотя болѣе короткіе и блѣдные,—они шли по линіи, соединявшей солнечные полюсы. Однихъ наблюдателей болѣе поражаетъ опредѣленность формы, другихъ—величина и яркость.

Очевидно, слѣдуетъ съ величайшею осторожностью дѣлать выводы изъ зрительныхъ впечатлѣній. Фотографическіе снимки, конечно, болѣе достовѣрны, но даже здѣсь легкая разница въ чувствительности пластинки, въ экспозиціи или въ проявленіи поведетъ за собой большую разницу въ окончательномъ рисункѣ.

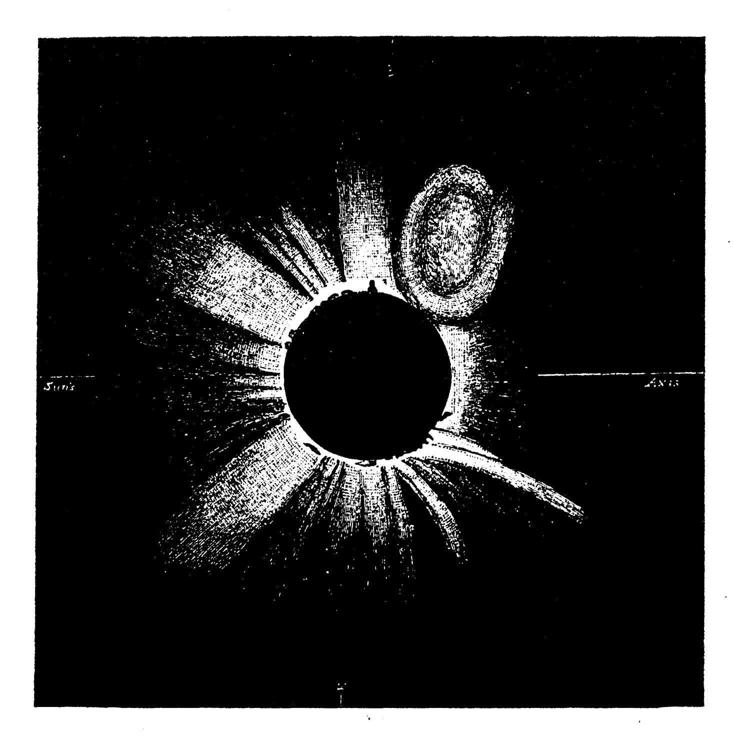


137. **Корона 1860 года.**
По Секки.

Никакой фотографическій снимокъ не можетъ воспроизвести все, что видитъ глазъ. Экспозиція, которая прекрасно покажетъ самыя слабыя подробности, испортитъ линіи болѣе яркія—и обратно. Кромѣ того, экспозиція можетъ показать и дѣйствительно показываетъ черты, которыхъ не можетъ видѣть глазъ, потому что ихъ свѣтъ преимущественно ультра-фіолетовый.

Насколько разнообразны воспроизведенія короны,—читатель можетъ видѣть это, ознакомившись съ великолѣпнымъ трудомъ Рэніарда; въ немъ собраны наблюденія, сдѣланныя въ теченіе полныхъ солнечныхъ затменій; онъ напечатанъ въ томѣ XLI „Memoirs of the Royal Astronomical Society of Great Britain“. Рэніардъ даетъ почти сотню различныхъ рисунковъ и фотографическихъ

снимковъ короны, начиная съ 1850 года. Гравюры на стали, относящіяся къ затменіямъ 1870 и 1871 года и основанныя на сдѣланныхъ тогда фотографическихъ снимкахъ, представляютъ самое точное и совершенное изображеніе короны, какое только можно найти гдѣ бы то ни было. Мы скопировали нѣкоторыя изъ гравюръ на деревѣ. Онѣ даютъ идею о наиболѣе замѣчательныхъ чертахъ явленія и показываютъ, насколько измѣняется его характеръ и видъ въ различныхъ случаяхъ.



138. **Корона 1860 года.**
По Темпелю.

Мы прибавили также рисунокъ короны, наблюдавшейся въ 1878 году; въ немъ мы соединили наброски нѣсколькихъ наблюдателей съ нашими собственными впечатлѣніями. Гравюры на деревѣ не въ состояніи однако передать своеобразный тонкій облачный характеръ многихъ подробностей; для этого нужна гравюра на стали.

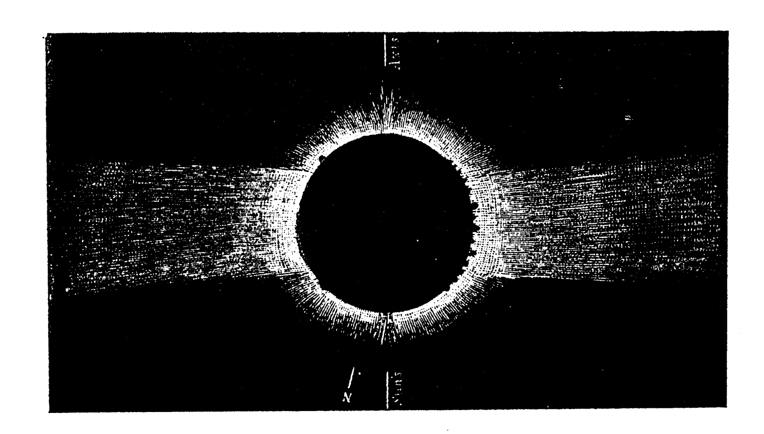
На рисункѣ Ліэ (см. таблицу) показаны лепестковидныя формы; ихъ замѣчали и въ другіе годы, но особенно выразились онѣ, какъ кажется, во время затменія 1857 года.

Корона 1860 года изображена Секки и Темпелемъ; ихъ рисунки (137 и 138) показываютъ, насколько различаются впечатлѣнія наблюдателей, удаленныхъ другъ отъ друга всего на нѣсколько километровъ.

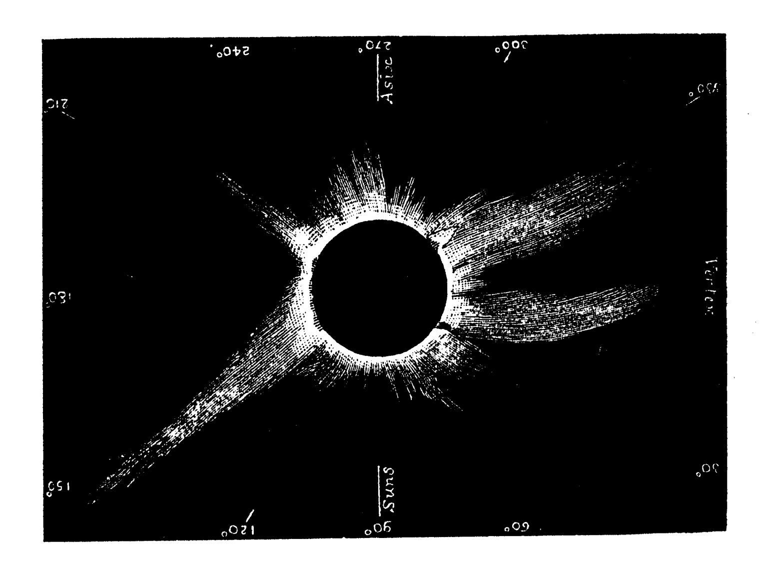
Рисунокъ Гроша въ 1867 году (рис. 139) интересно сравнить съ рисункомъ 1878 года: это были эпохи минимума солнечныхъ пятенъ. На обоихъ рисункахъ за-

мѣтны длинные блѣдные лучи въ направленіи солнечнаго экватора и короткія, но яркія кисти въ полярныхъ областяхъ.

Рисунокъ Беллока (рис. 140) относится къ затменію 1868 года. Здѣсь размѣры короны больше и форма менѣе правильна, чѣмъ обыкновенно.



139. Корона 1867 года.
По Грошу.



140. Корона 1868 года.
По Беллоку.

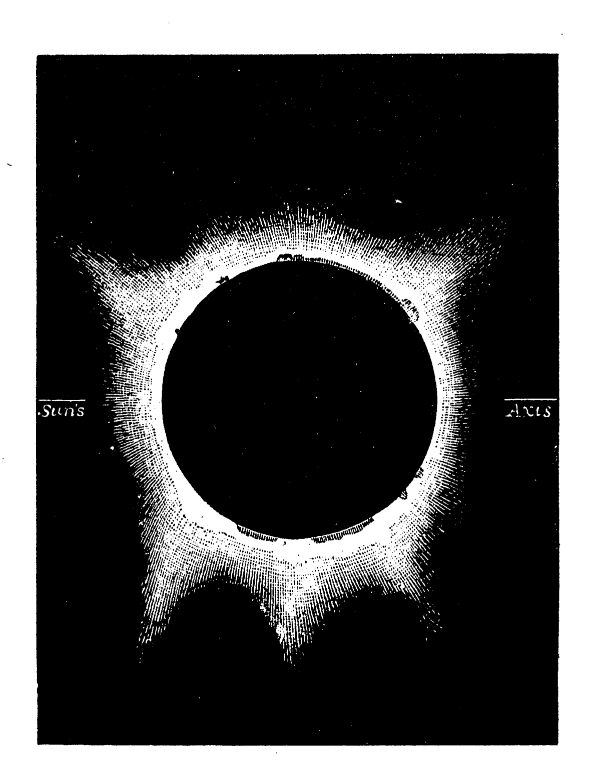
Зато на рисункѣ Шотта, изображающемъ затменіе 1869 года, корона значительно меньше и ярче обыкновенной. Авторъ можетъ поручиться, что рисунокъ довольно точно передаетъ впечатлѣнія, испытанныя имъ самимъ въ то время.

Многіе изъ нашихъ читателей, безъ сомнѣнія, видѣли гораздо болѣе поразительный рисунокъ той-же самой короны, сдѣланный Джильманомъ въ Сіуксъ-Сити и помѣщенный въ отчетѣ Морской Обсерваторіи Соединенныхъ Штатовъ; онъ воспроиз-

веденъ также въ книгѣ Проктора „Солнце". На немъ изображена обширная система трещинъ и лучей, ускользнувшихъ отъ вниманія большинства наблюдателей. Неизвѣстно, можно-ли считать ихъ дѣйствительными предметами. Быть можетъ, они объясняются состояніемъ атмосферы, которая на станціи Джильмана была слегка туманной, но очень спокойной.

Любопытно сравнить рисунки капитана Тепмана, Фенандера и фотографическій снимокъ Дэвиса; всѣ эти изображенія относятся къ одному и тому-же затменію 1871 года.

Въ коронѣ 1878 года привлекаютъ вниманіе громадные размѣры блѣдныхъ туманныхъ кистей; профессора Ланглей, Аббе и Ньюкомбъ отмѣтили ихъ на разстояніи 6° или 7° отъ солнца.



141. **Корона 1869 года.**
По Шотту.

Къ этимъ изображеніямъ короны, появившимся въ нашемъ первомъ изданіи, мы прибавили три другихъ, которые кажутся намъ достойными воспроизведенія.

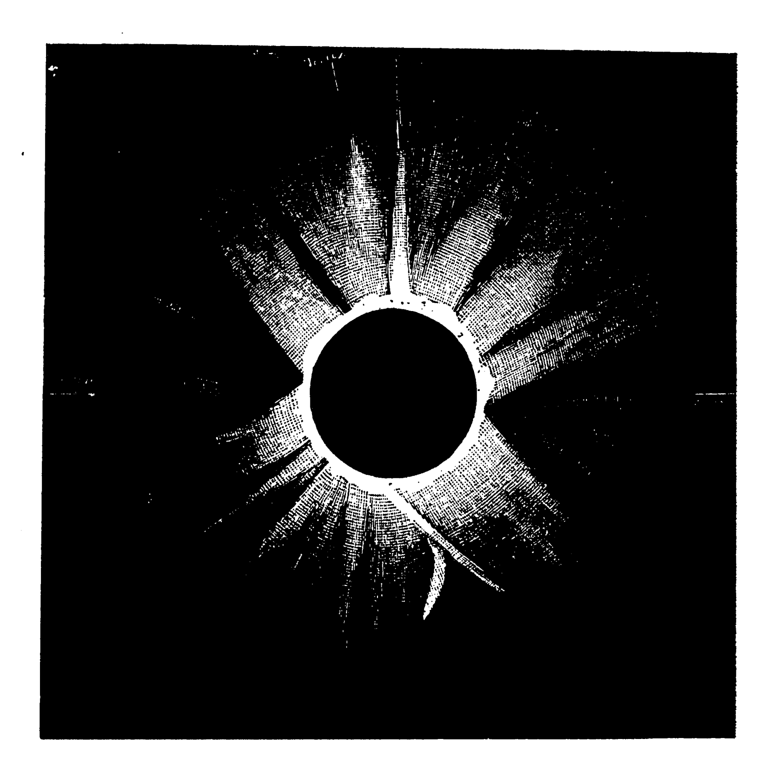
Рисунокъ 146 сдѣланъ съ гравюры на стали; здѣсь соединены фотографическіе снимки египетскаго затменія 17 мая 1882 года. Подобно рисункамъ 144 и 148, онъ представляетъ типичную „корону максимума солнечныхъ пятенъ". Обращаемъ вниманіе на малую комету въ углу рисунка; она была видна только во время затменія, но, кажется, была предвѣстницей большой кометы, появившеюся слѣдующею осенью.

Рисунокъ 147 воспроизведенъ съ прекраснаго негатива Беркгальтера въ Оклендѣ; онъ относится къ затменію 1 января 1889 года; экспозиція длилась одну секунду. Это типичная „корона минимума"; полярные лучи крайне нѣжны, экваторіальное протяженіе огромно. Послѣднее лучше вышло на негативахъ болѣе долгой экспозиціи.

Рисунокъ 148 сдѣланъ съ лучшаго фотографическаго снимка, какой только полученъ до настоящаго времени. Онъ снятъ 16 апрѣля 1893 года въ Мина-Бронсесъ (въ Чили) на высотѣ 6600 футъ профессоромъ Шеберле. Для этого былъ примѣненъ фотогра-

фическій телескопъ съ фокуснымъ разстояніемъ въ 40 футовъ и съ отверстіемъ въ 5 дюймовъ; дискъ солнца на оригиналѣ—около 4 дюймовъ въ діаметрѣ.

Однимъ изъ первыхъ вопросовъ, который напрашивается самъ собою, касается мѣста короны. Гдѣ происходитъ это явленіе: на солнцѣ, на лунѣ или въ нашей собственной атмосферѣ? Или это, можетъ статься, простой оптическій эффектъ, подобный радугѣ или цвѣтному кругу? Если его мѣсто въ земной атмосферѣ, разумѣется, его размѣры и значеніе невелики. Если-же явленіе дѣйствительно происходитъ на солнцѣ, это—предметъ огромныхъ размѣровъ и мірового значенія.

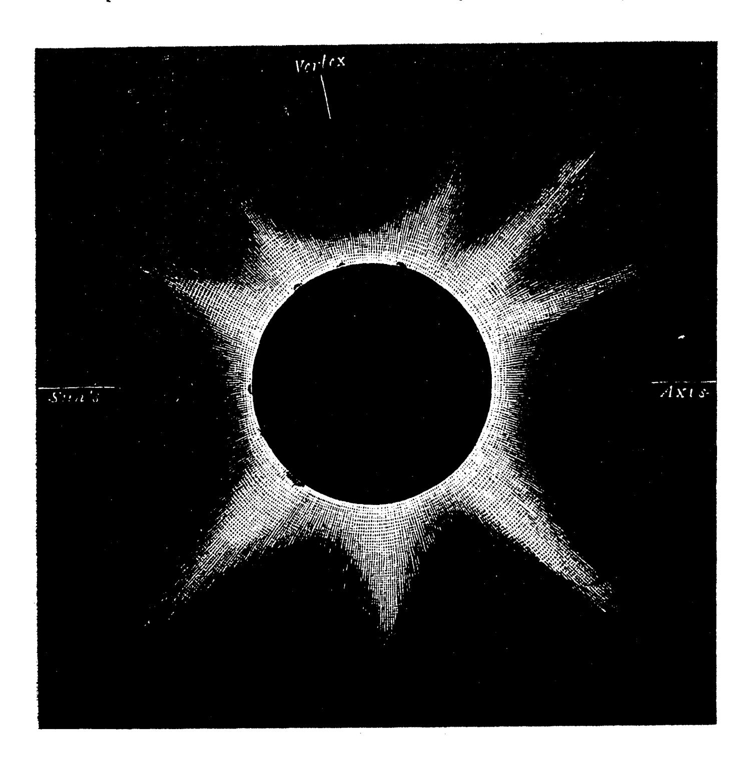


142. **Корона 1871 года.**
По Тепману.

Кеплеръ и многіе астрономы послѣ него приписывали корону лунной атмосферѣ. Это объясненіе оставалось, пожалуй, наиболѣе распространеннымъ до первой части текущаго столѣтія. Затѣмъ, на основаніи многихъ неоспоримыхъ соображеній было доказано, что луна не обладаетъ атмосферой, которую стоило-бы принимать во вниманіе. Во всякомъ случаѣ, такая атмосфера не могла-бы объяснить замѣченные факты. Съ этого времени до 1869 года перевѣсъ былъ повидимому на сторонѣ мнѣнія о земномъ или чисто оптическомъ происхожденіи короны. Однако нѣкоторые, (между прочимъ, профессоръ Грантъ въ 1852 году въ своей „History of Physical

Astronomy") считали болѣе правдоподобнымъ, что истинной причиной короны является солнечная атмосфера.

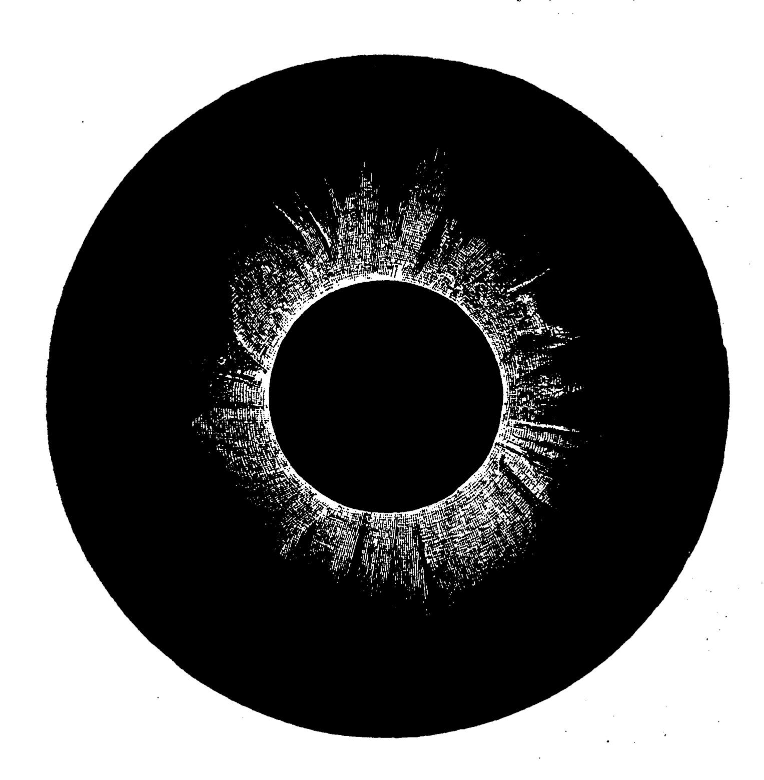
Вопросъ этотъ впервые рѣшенъ въ 1869 году наблюденіями профессора Харкнеса и автора. Независимо другъ отъ друга мы нашли, что спектръ короны характеризуется яркою линіей въ зеленой части. Пользуясь весьма сильнымъ для того времени спектроскопомъ, авторъ отожествилъ ее съ линіей „1474" Кирхгофовой карты солнечнаго спектра, которую въ то время всѣ употребляли для справокъ. Существованіемъ этой яркой линіи доказано, что въ коронѣ имѣется раскаленный газъ:



143. **Корона 1871 года.**
По Фенандеру.

послѣдній-же можно встрѣтить лишь въ непосредственной близости съ солнцемъ. Сначала эти наблюденія были встрѣчены съ сомнѣніемъ, но скоро были вполнѣ подтверждены. Въ 1871 году прибавилось новое доказательство, еще болѣе простое. Въ Индіи и на Цейлонѣ, на станціяхъ, раздѣленныхъ нѣсколькими стами километровъ, были получены фотографіи короны; на нихъ выступали однѣ и тѣ-же подробности формы и строенія. Однѣхъ этихъ фотографій было достаточно, чтобы доказать, что главныя черты явленія не зависятъ отъ земной атмосферы и случайныхъ свойствъ лунной поверхности. Разумѣется, мы далеки отъ мысли, что наша атмосфера нисколько не причастна къ этому явленію, но ея роль только второстепенная. Какъ

указалъ Прокторъ, наблюдатель въ моментъ средины затменія находится въ центрѣ огромной тѣни, имѣющей, вообще, отъ 80 до 160 километровъ въ діаметрѣ. Допустимъ, что воздухъ сохраняетъ замѣтную плотность и способность къ отраженію свѣта даже до высоты 160 километровъ, что радіусъ тѣни равенъ только 32 километрамъ; при этихъ обстоятельствахъ въ предѣлахъ 11° отъ видимаго мѣста солнца въ небѣ не можетъ оказаться ни одной частицы воздуха, освѣщенной солнечнымъ

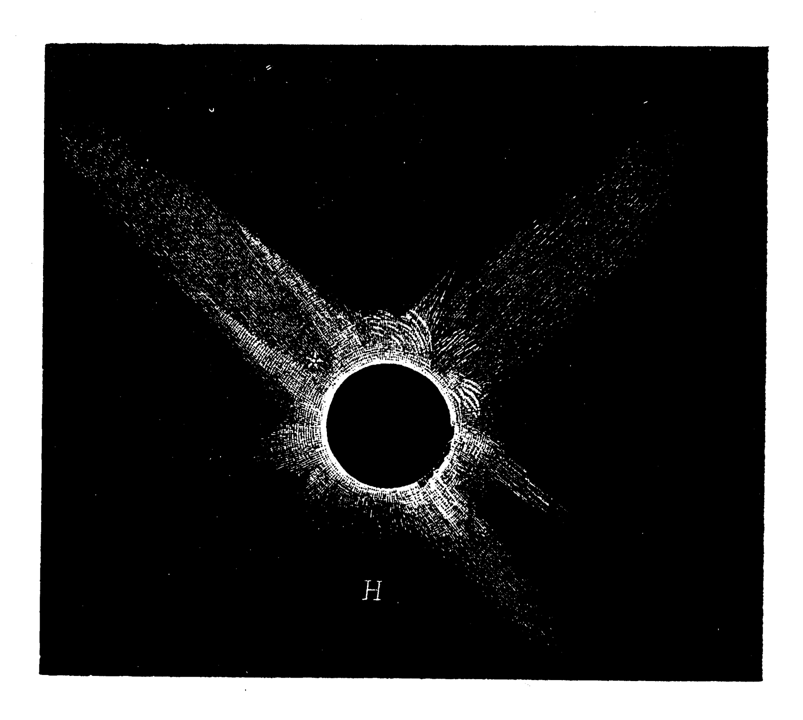


144. **Корона 1871 года.**
По фотографіи Дэвиса.

свѣтомъ. Если-бы не было короны, дѣйствительно принадлежащей солнцу, луну охватывалъ-бы кругъ полнѣйшаго мрака, имѣющій, по меньшей мѣрѣ, 23° въ діаметрѣ; у его краевъ начиналось-бы слабое освѣщеніе; такъ возникло-бы свѣтовое кольцо, нѣчто въ родѣ вѣнчика; дальше небо освѣщалось-бы лучами солнца, закрытаго лишь въ нѣкоторой части. Конечно, это темное „отверстіе въ небѣ“ было-бы концентрическимъ съ солнцемъ и луной только въ моментъ центральнаго затменія. Въ дѣйствительности, часть неба смежная съ солнцемъ освѣщается какими-бы то ни было придатками солнца, которые остаются незакрытыми луной: это слабое освѣщеніе, происходящее отъ короны и выступовъ, и придаетъ диску луны видъ шарообразнаго тѣла.

12*

Мы сказали, что это освѣщеніе слабо, но вообще его считаютъ гораздо сильнѣе свѣта полнолунія, хотя по этому поводу и существуютъ разногласія. Нѣтъ никакого сомнѣнія, что этого свѣта вполнѣ достаточно, чтобы видѣть циферблатъ карманныхъ часовъ даже въ срединѣ полной фазы. Въ 1869 году автору совсѣмъ не приходилось обращаться къ фонарю, когда нужно было дѣлать отмѣтки или пользоваться микрометромъ. Несомнѣнно, что большая часть этого свѣта идетъ не отъ короны, а отъ освѣщенныхъ частицъ воздуха. Хотя самъ наблюдатель въ темнотѣ, вокругъ него по всему горизонту—атмосфера, освѣщенная солнцемъ *).

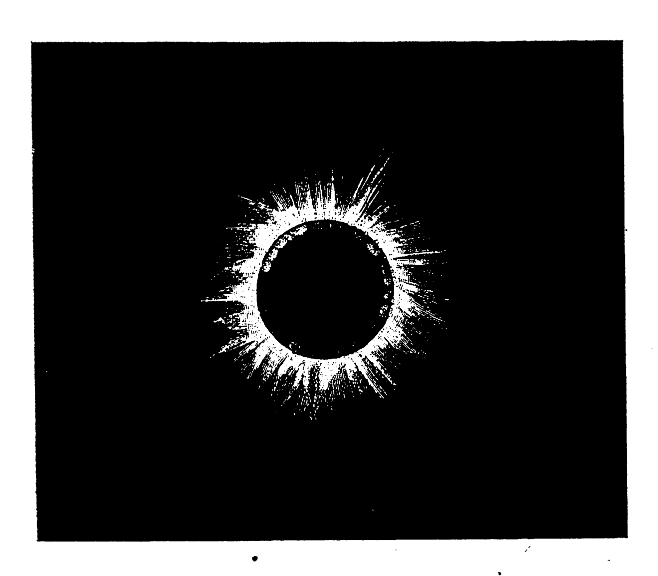


145. **Корона 1878 года.**
По нѣсколькимъ рисункамъ.

Безъ сомнѣнія, существуетъ большая разница между отдѣльными затменіями въ отношеніи темноты. Блескъ нижней части короны,—узкаго кольца вокругъ самаго края солнца,—ослѣпителенъ, но свѣтъ слабѣетъ очень быстро. Когда затменіе

*) Это становится въ особенности очевиднымъ, когда небо покрыто облаками средней плотности. Въ августѣ 1887 года авторъ имѣлъ несчастіе занимать станцію, гдѣ небо было совершенно пасмурно, и дождь шелъ въ теченіе большей части затменія. Это было въ 190 километрахъ къ сѣверо-востоку отъ Москвы. Въ срединѣ затменія мракъ былъ едва-ли больше, чѣмъ при густой дождевой тучѣ. Моментъ, когда началась полная фаза, не удалось опредѣлить сколько-нибудь точно, а ея конецъ былъ отмѣченъ съ неточностью въ нѣсколько секундъ. Мелкую печать можно было читать въ теченіе всего затменія.

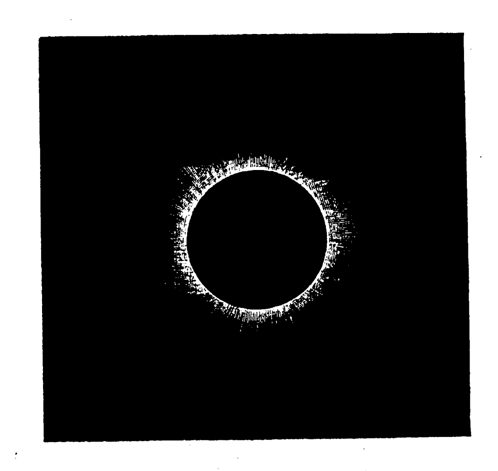
очень продолжительно, когда видимый діаметръ луны значительно больше діаметра солнца, болѣе яркая часть короны закрыта; конечно, свѣта будетъ много меньше, чѣмъ



146. Корона 1882 года.
Египетъ.

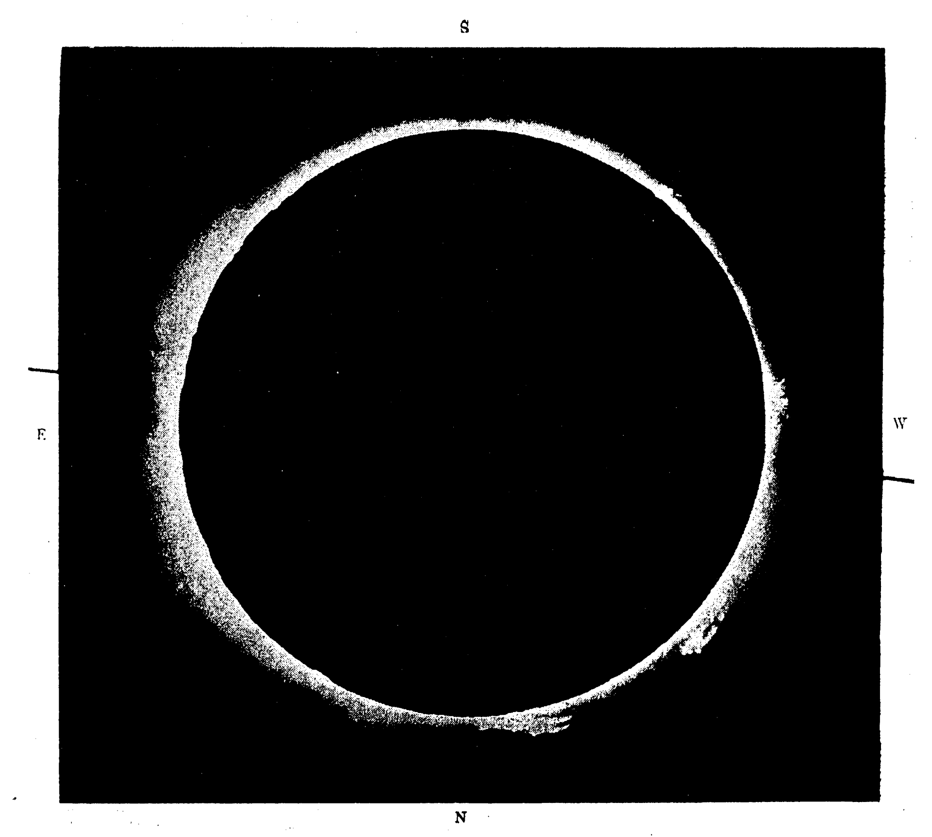
при такомъ затменіи, когда разница между діаметрами солнца и луны незначительна.

Во время затменія 1869 года была сдѣлана попытка сравнить темноту полной фазы съ темнотой ночи. Темнота затменія оказалась гораздо глубже, чѣмъ ожидали, такъ что остроумный инструментъ, придуманный для этой цѣли профессоромъ Истманомъ, совсѣмъ не годился для точнаго наблюденія. Приборъ состоялъ изъ трубки около 10 дюймовъ (25 см.) длиной и $2^1/_2$ дюймовъ (63 мм.) въ діаметрѣ. На днѣ трубки была нарисована маленькая бѣлая звѣзда изъ пяти точекъ, съ черною точкой въ центрѣ и чернымъ кольцомъ вокругъ звѣзды. Другой конецъ трубки былъ закрытъ такъ называемымъ „кошачьимъ глазомъ“. Это — квадратное отверстіе, величину котораго можно было измѣнять по желанію, двигая два хода съ микрометрическимъ винтомъ или зубчатую полосу съ шестерней.



147. Корона 1889 года, январь.

Малая труба, придѣланная къ большой наклонно, какъ носикъ чайника, позволяла наблюдателю смотрѣть на звѣзду. Количество свѣта, доставляемаго небомъ, измѣряли, открывая или закрывая ходы до тѣхъ поръ, пока не исчезали точка и кольцо въ центрѣ звѣзды. Не только точка и кольцо становились невидимы, когда „кошачій глазъ“ былъ открытъ сполна, но и самой звѣзды нельзя было различить во все время полной фазы. Профессоръ Истманъ заключилъ отсюда,



148. **Корона 1893 года.**

Фотографія, полученная Шеберле 16 апрѣля 1893 года.

что общая темнота была на этотъ разъ почти такая-же, какая наступаетъ приблизительно черезъ часъ послѣ солнечнаго заката, когда на небѣ начинаютъ выступать звѣзды третьей величины. Инструментъ однако былъ направленъ на зенитъ, а не на корону; поэтому онъ не давалъ прямого опредѣленія коронального свѣта. Точно также наблюденія Росса въ 1870 году (который сравнивалъ общее освѣщеніе со свѣтомъ свѣчки) нисколько не лучше отвѣчали цѣли. По существу, это замѣчаніе справедливо и для наблюденій, сдѣланныхъ во время послѣдующихъ затменій, особенно въ 1886 и 1889 годахъ.

Были сдѣланы одна или двѣ попытки сравнить тѣнь, отбрасываемую короной, съ тѣнью отъ свѣчи. Но корональная тѣнь была всегда настолько замаскирована общимъ воздушнымъ освѣщеніемъ, что наблюденіе не могло состояться. Одинъ только астрономъ, насколько извѣстно автору, сдѣлалъ оцѣнку корональнаго свѣта, опираясь на нѣчто въ родѣ научнаго основанія. Белли въ 1842 году нашелъ, что корона, какъ ему казалось, даетъ столько-же свѣта, какъ свѣча на разстояніи 1,8 метра. Онъ былъ близорукъ, такъ что предметъ въ родѣ свѣчи представлялся ему смутнымъ пятномъ свѣта. Этотъ недостатокъ зрѣнія оказался выгоднымъ; благодаря ему, Белли удалось выполнить сравненіе; конечно, оно было крайне грубымъ. Спустя двѣ недѣли, онъ сравнилъ тѣмъ-же путемъ полную луну на той-же самой высотѣ съ такою-же свѣчей; оказалось, что свѣтъ короны былъ слабѣе $^1/_6$ свѣта луны. Однако это сравненіе настолько неудовлетворительно въ своихъ подробностяхъ, что нельзя придавать ему большого значенія. Такимъ образомъ, вопросъ остается открытымъ; мы не знаемъ, что сильнѣе: свѣтъ короны или свѣтъ луны.

Нижнія части корональнаго кольца, примыкающія къ самому солнцу, обыкновенно слишкомъ ярки; трудно изслѣдовать ихъ, если телескопъ не снабженъ темнымъ стекломъ. Мы имѣемъ по этому поводу свидѣтельства Біэлы, Струве, Рэніарда и другихъ. Кромѣ того, когда прохожденіе Венеры или Меркурія совершается при благопріятныхъ обстоятельствахъ, черный дискъ планеты становится видимымъ, прежде чѣмъ она достигнетъ солнца. Такъ, Жансенъ видѣлъ Венеру въ 1874 году и Ланглей—Меркурія въ 1878 году. Для этого необходимо, конечно, чтобы позади планеты былъ фонъ, достаточно яркій сравнительно съ освѣщеніемъ нашей атмосферы. Вообще, полагаютъ, что разница въ яркости двухъ смежныхъ частей поверхности становится доступной для глаза лишь въ томъ случаѣ, когда она не меньше $^1/_{64}$. Если такъ, корона должна быть ярче атмосфернаго освѣщенія у края солнечнаго диска—не меньше, какъ на $^1/_{64}$. При затменіи корону можно видѣть въ теченіе нѣсколькихъ секундъ или даже минутъ до начала и послѣ конца полной фазы. Итп въ 1860 году различилъ ее за 12 минутъ (sic) до исчезновенія солнца; Локіеръ въ 1871 году продолжалъ видѣть ее въ теченіе трехъ минутъ послѣ появленія солнца. Но, какъ было сказано раньше, свѣтъ убываетъ весьма быстро, и внѣшнія части короны похожи на очень блѣдную туманность. Крайне желательно, чтобы при слѣдующихъ затменіяхъ были сдѣланы тщательныя фотометрическія измѣренія.

Мы видимъ, что количество свѣта во время различныхъ затменій неодинаково, что это объясняется измѣненіемъ луннаго діаметра. Кромѣ того, весьма вѣроятно, что изъ года въ годъ значительно измѣняются яркость и размѣры самой короны. Въ 1878 году корона была значительно блѣднѣе, чѣмъ въ 1869 году; таковъ единогласный выводъ многочисленныхъ наблюдателей, видѣвшихъ оба затменія. Всетаки нѣкоторые наблюдатели, заслуженно пользующіеся высокою репутаціей, держатся мнѣнія совершенно противоположнаго. Корона 1878 года была безспорно больше.

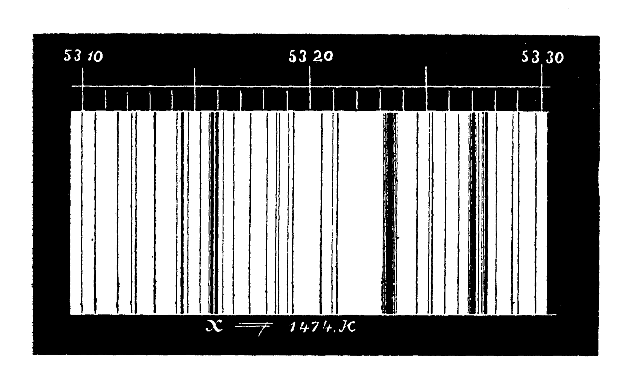
Конечно, періодичность солнечныхъ пятенъ, затѣмъ соотношеніе между ними и выступами—все это внушаетъ надежду, что будетъ найдено соотвѣтственное измѣненіе и въ коронѣ.

Затменія 1867, 1878 и 1889 годовъ совпали съ минимумомъ солнечныхъ пятенъ; корона представляла тогда характерныя особенности: значительное блѣд-

ное расширеніе по линіи экватора и отчетливо выраженные расходящіеся лучи на полюсахъ. Съ другой стороны, въ 1870, 1882 и 1893 годахъ экваторіальныя крылья и полярные лучи были гораздо менѣе поразительны; корона больше приближалась ко кругу; ея наибольшее развитіе совпадало съ поясами солнечныхъ пятенъ. Рисунки 145 и 148 можно, пожалуй, считать типичными.

Въ затменіи 1878 года, которое случилось во время минимума солнечныхъ пятенъ, значительно измѣнились также спектральныя особенности короны. Яркая линія, наиболѣе характерная для короны, сдѣлалась настолько слабою, что многіе наблюдатели совсѣмъ не видѣли ея.

Яркая линія, какъ было сказано раньше, была впервые признана корональною во время затменія 1869 года. Локіеръ и авторъ, независимо другъ отъ друга, нѣсколькими недѣлями раньше видѣли ее обращенною въ спектрѣ хромосферы; однако авторъ узналъ о первомъ наблюденіи только черезъ нѣсколько времени послѣ затменія. Въ обыкновенномъ солнечномъ спектрѣ она представляется тонкою темною линіей у 1474 шкалы Кирхгофа или у 5316,9 шкалы Роланда. Рядомъ съ сотнями другихъ линій она совсѣмъ незамѣтна; ее трудно различить со спектроскопомъ объ одной призмѣ. Въ 1867 году, пользуясь спектроскопомъ высокой дисперсіи, нашли, что она состоитъ изъ двухъ тѣсно сближенныхъ линій. Верхняя или болѣе преломляемая очерчена довольно неясно, тогда какъ другая представляется рѣзкой и хорошо опредѣленной. Истинная корональная линія это — верхняя; ее всегда безъ большого труда можно видѣть обращенною въ спектрѣ хромосферы. Кирхгофъ и Онгстремъ — оба приписываютъ эту линію спектру желѣза. Этотъ фактъ долго смущалъ астрономовъ: трудно было допустить, чтобы пары этого металла могли быть однимъ изъ главныхъ составныхъ элементовъ короны, чтобъ они брали перевѣсъ даже надъ водородомъ. Это затрудненіе болѣе не существуетъ: теперь ясно, что желѣзу принадлежитъ нижняя составляющая двойной линіи, и ея тѣсная близость съ другой — обстоятельство совершенно случайное. Рисунокъ 149 воспроизводитъ эту линію и прилегающую къ ней часть спектра, какъ это видно въ спектроскопѣ высокой дисперсіи. Надъ спектромъ — шкала Онгстрема.



149. **Часть спектра близъ корональной линіи** (x), видимая въ спектроскопъ высокой дисперсіи.

Водородныя линіи и линіи H и K въ спектрѣ короны тоже являются яркими. Неизвѣстно еще, не происходитъ-ли это обстоятельство вслѣдствіе отраженія свѣта хромосферы въ земной атмосферѣ; но, въ общемъ, это мало вѣроятно. Атмосферное отраженіе во время затменія простирается внутрь надъ темнымъ дискомъ луны

не менѣе, чѣмъ наружу. Если-бы видъ водородныхъ линій вызывался этимъ отраженіемъ, онѣ представлялись-бы одинаково сильными какъ въ коронѣ, такъ и на лунномъ дискѣ. Но этого повидимому нѣтъ. Правда, въ 1870 году авторъ ясно различилъ водородныя линіи въ центрѣ луннаго диска; но Жансенъ и Локіеръ сходятся въ томъ, что линіи были гораздо ярче снаружи. Съ помощью спектроскопа-анализатора „линію 1474" находили въ нѣкоторыхъ случаяхъ на высотѣ 20 почти градусовъ надъ краемъ луны; линіи водорода наблюдались почти также далеко. Важно затѣмъ, что линіи обладали одинаковой силой какъ въ срединѣ темной трещины, такъ и въ любомъ иномъ мѣстѣ. У насъ будетъ случай возвратиться къ этому вопросу.

Въ спектроскопѣ-анализаторѣ линія 1474 близъ солнечнаго края гораздо слабѣе, чѣмъ линіи водорода; это значитъ: если изслѣдуютъ малую часть короны близъ края солнца, водородъ блещетъ тамъ сильнѣе, чѣмъ неизвѣстный паръ, которымъ производится другая линія. Но если будемъ наблюдать затменіе съ помощью спектроскопа-интегратора *), отношеніе яркости становится обратнымъ, указывая, что полная величина „свѣта 1474" больше. Отсюда слѣдуютъ также другіе выводы: или свѣтъ идетъ отъ площади, гораздо болѣе обширной, или, скорѣе, водородъ въ верхнихъ областяхъ теряетъ свою яркость много быстрѣе, чѣмъ другое вещество.

Что касается вещества, производящаго линію 1474, мы до сихъ поръ еще не имѣемъ о немъ никакихъ свѣдѣній. Ему заранѣе дали названіе „короній". Недавнее открытіе въ земныхъ минералахъ „гелія" даетъ серьезный поводъ надѣяться, что въ не очень далекомъ будущемъ удастся найти и короній. Повидимому онъ представляетъ парообразное вещество, плотность котораго ниже плотности водорода, самаго легкаго изъ всѣхъ тѣлъ, извѣстныхъ земной химіи. Трудно допустить, чтобъ это былъ одинъ изъ знакомыхъ намъ элементовъ даже въ какомъ либо аллотропическомъ видоизмѣненіи, какъ предполагали нѣкоторые. Дѣйствительно, во время самыхъ сильныхъ возмущеній, иногда наблюдаемыхъ въ выступахъ и близъ солнечныхъ пятенъ, когда линіи водорода, магнія и другихъ металловъ искривлены и разбиты быстротой удара сталкивающихся элементовъ, одна лишь эта линія остается невозмущенною, тонкою, рѣзкою и прямою; блескъ ея слегка возростаетъ, но этимъ и ограничиваются всѣ измѣненія. Въ настоящее время эта линія (какъ гелій до открытія Ремсея) остается неразгаданною тайной.

Ее часто смѣшивали съ линіей въ спектрѣ полярнаго сіянія; отвѣтственность за это, къ несчастью, падаетъ, главнымъ образомъ, на автора. Это самый яркій примѣръ, какъ трудно исправить ошибку, сразу завоевавшую довѣріе. За нѣсколько недѣль до перваго открытія этой линіи въ спектрѣ короны профессоръ Уинлокъ наблюдалъ спектръ яркаго полярнаго сіянія и обнародовалъ положеніе 5 линій. Одно изъ 5 положеній совпадаетъ съ положеніемъ линіи 1474 далеко внутри предѣловъ вѣроятной погрѣшности такого наблюденія. Я поторопился заключить, что совпаденіе было точнымъ, и приписалъ ему большое значеніе. Позднѣйшія наблюденія скоро показали, что „линія" въ спектрѣ полярнаго сіянія вовсе не линія въ строгомъ смыслѣ слова, а слабая туманная полоска; видѣть ее можно только

---

*) Для объясненія этого термина см. страницу 46.

при исключительно яркихъ полярныхъ сіяніяхъ; отожествлять ее съ 1474 линіей короны совсѣмъ нельзя. Спектроскопъ не даетъ никакого указанія на связь между короной и полярнымъ сіяніемъ земной атмосферы. Впрочемъ, существуютъ другіе факты, намекающіе, что оба явленія до извѣстной степени сходны по природѣ.

Кромѣ этой линіи и водородныхъ линій, были отмѣчены, хотя и подъ сомнѣніемъ, двѣ линіи въ зеленовато-желтой части спектра. Одну изъ нихъ видѣли, кажется, дважды: въ первый разъ авторъ въ 1869 году, второй разъ—патеръ Денца въ Италіи въ 1870 году. Ея мѣсто около 5570 шкалы Онгстрема. Не очень далеко отъ этого мѣста, у 5534, расположена одна изъ линій барія, которая часто съ большимъ блескомъ обращена въ спектрѣ хромосферы. Вполнѣ возможно, что ее-то и видѣли. Другая сомнительная линія, указанная авторомъ въ 1869 году, приходится у 5450 шкалы Онгстрема, между двумя линіями, которыя замѣтны въ хромосферѣ.

Фотографическій спектръ короны, наблюдавшійся при каждомъ затменіи съ 1882 года, полонъ подробностей и интереса. Первыя наблюденія привели къ слѣдующему выводу: больше всего бросается въ глаза большая пара линій кальція, H и K; замѣтны фіолетовая и ультра-фіолетовыя линіи водорода; существуетъ затѣмъ множество другихъ линій, менѣе замѣтныхъ.

* Отъ этого вывода пришлось отказаться. При затменіи 1896 года Шекльтонъ изслѣдовалъ спектръ короны съ помощью такъ называемой „призматической камеры" (стр. 53).

На снимкѣ, сдѣланномъ съ помощью этого инструмента около средины затменія, при экспозиціи почти въ одну минуту, очень хорошо выдѣляется зеленое корональное кольцо, соотвѣтствующее старой „1474 линіи", и нѣсколько другихъ въ придачу. Всѣ они лежатъ въ фіолетовой части спектра; всѣ крайне слабы, исключая одного, которое приходится нѣсколько ниже H. Вѣроятно, всѣ они принадлежатъ одному и тому же гипотетическому элементу, до сихъ поръ еще не найденному, но временно названному „короніемъ". Затѣмъ фотографическій снимокъ дѣлаетъ очевиднымъ, что водородъ, гелій и кальцій, хорошо замѣтные въ изображеніяхъ выступовъ, совершенно отсутствуютъ въ коронѣ. Этотъ результатъ вполнѣ сходится съ прежними выводами изъ подобныхъ снимковъ, сдѣланныхъ въ 1893 году, но изданныхъ только въ послѣднее время. Становится яснымъ, что первыя наблюденія вводили въ заблужденіе: причина—въ томъ, что приборы недостаточно устраняли освѣщеніе воздуха выступами *).

Кромѣ яркихъ линій, корона даетъ также слабый непрерывный спектръ; Жансенъ и Баркеръ наблюдали въ немъ нѣкоторыя изъ главныхъ темныхъ линій солнечнаго спектра,—особенно D, b и G.

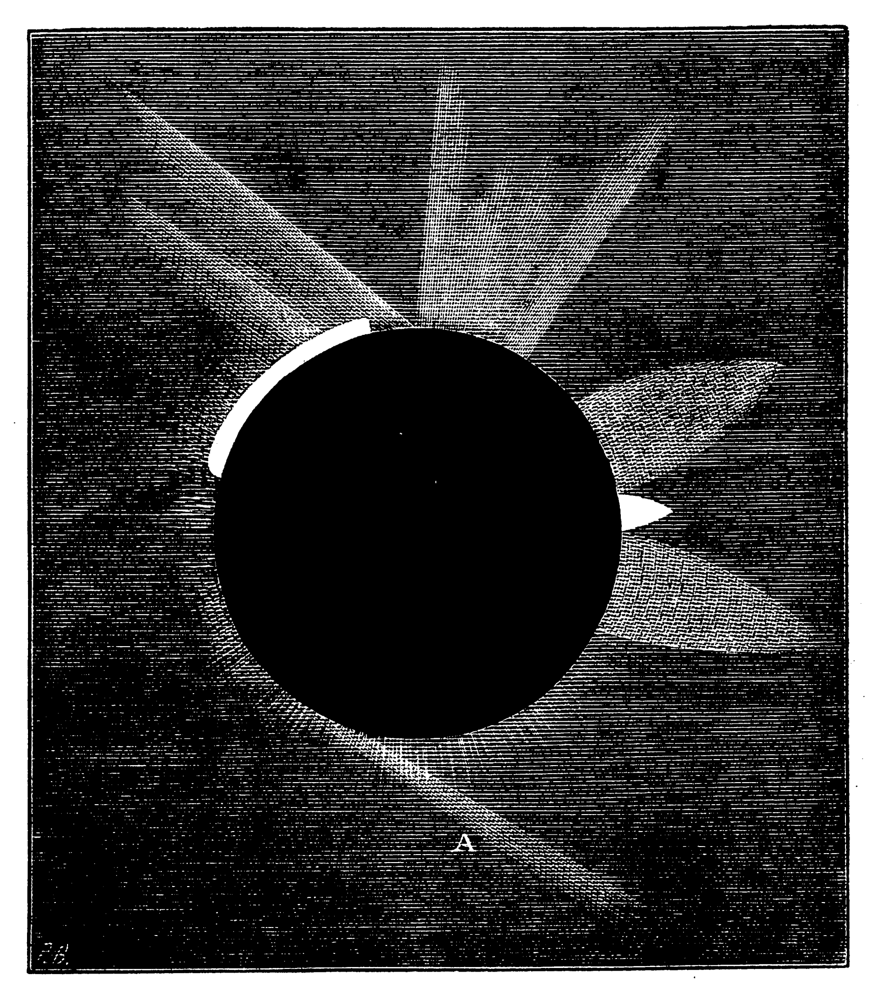
О чемъ-же говоритъ этотъ фактъ? Хотя корона можетъ состоять по преимуществу изъ пылающаго газа, на что указываютъ яркія линіи спектра, она содержитъ также значительное количество вещества, способнаго отражать солнечный свѣтъ; вѣроятно, оно носится въ формѣ пыли или тумана.

Этотъ выводъ подтверждается результатомъ наблюденій съ различными типами полярископовъ. Обыкновенно они указываютъ, что свѣтъ короны отчасти поляризо-

---

*) Дополненіе къ русскому изданію. Помѣщено авторомъ въ „Popular Astronomy", 1897/8. Vol. V, № 6.

ванъ въ радіальныхъ плоскостяхъ,—совершенно такъ, какъ было-бы, если-бы часть его состояла изъ отраженныхъ лучей. Мы сказали „обыкновенно", а не всегда, потому что между разными наблюдателями и разными инструментами оказалось нѣкоторое разногласіе, способное привести въ большое смущеніе. У насъ нѣтъ мѣста останавливаться на этомъ вопросѣ дольше.



150. **Корона**,
наблюдавшаяся при затменіи 7 августа 1887 года въ Россіи.

Такимъ образомъ, корона содержитъ раскаленный газъ и вещество въ состояніи тумана или дыма, способное отражать свѣтъ. Интересенъ вопросъ: состоятъ-ли различныя части короны изъ обоихъ веществъ, или существуетъ раздѣленіе.

Этотъ вопросъ пытались рѣшить, изслѣдуя затменіе съ помощью такъ называемаго „спектроскопа безъ щели": это—просто призма, помѣщенная впереди объек-

тива малаго телескопа. Взглянемъ въ такой инструментъ на отдаленный предметъ, испускающій однородный свѣтъ, напримѣръ, на пламя спирта, окрашенное солью: мы увидѣли-бы его совершенно такъ, какъ если-бы призмы не было, а просто рефракція измѣнила видимое направленіе предмета. Если-бы свѣтъ состоялъ изъ трехъ или четырехъ яркихъ линій, какъ свѣтъ Гейслеровой трубки, наполненной водородомъ, тогда появилось-бы то-же самое число окрашенныхъ изображеній. Если-бы свѣтъ былъ въ родѣ свѣта обыкновенной свѣчи, которая даетъ непрерывный спектръ, мы получили-бы просто цвѣтную черту. Наконецъ, если-бы у насъ былъ источникъ свѣта, соединяющій въ себѣ эти различныя условія, напримѣръ, пламя лампы, окрашенное въ однѣхъ частяхъ натріемъ, въ другихъ литіемъ, мы получили-бы цвѣтную черту: въ желтой части спектра мы видѣли-бы изображеніе натріевой части пламени, а въ красной и фіолетовой частяхъ—изображеніе той области пламени, которая окрашена литіемъ.

Если-бъ длинные лучи и струи короны состояли преимущественно изъ газа, дающаго линію 1474, мы, пользуясь призмою, отчетливо видѣли-бы ихъ на фонѣ, произведенномъ свѣтомъ отражающаго тумана. Ничего подобнаго не бываетъ. Съ 1870 года спектроскопъ безъ щели въ рукахъ различныхъ наблюдателей показалъ непрерывную полосу свѣта съ нѣсколькими гладкими яркими кольцами. Самое блестящее и большое кольцо было зеленое; оно соотвѣтствовало линіи 1474. Было еще три другихъ болѣе слабыхъ кольца въ красномъ, синемъ и фіолетовомъ цвѣтахъ; они соотвѣтствовали тремъ самымъ яркимъ линіямъ водорода. Слѣдуетъ заключить, что газообразное вещество короны образуетъ кругомъ солнца довольно правильную атмосферу, и что элементы строенія короны,—лучи, трещины и струи,—принадлежатъ преимущественно туману или пыли;—по крайней мѣрѣ, они даютъ повидимому сплошной спектръ. Съ этимъ согласенъ фактъ, упомянутый раньше: въ срединѣ одной изъ трещинъ линія 1474 блещетъ съ той-же силой, какъ и въ яркой струѣ. Въ 1878 году спектроскопъ безъ щели въ рукахъ всѣхъ наблюдателей оказался несостоятельнымъ и не показалъ никакихъ колецъ. Въ то-же время блескъ короны былъ меньше обыкновеннаго. Эти факты повидимому показываютъ, что во время минимума солнечныхъ пятенъ газы корональной атмосферы значительно уменьшаютъ объемъ и яркость, между тѣмъ какъ струи сравнительно не измѣняются.

Быстрыя измѣненія въ коронѣ.

Часто возбуждался вопросъ, измѣняется-ли видъ короны въ теченіе затменія. Многіе рисунки повидимому показываютъ, что это бываетъ. Судя по нимъ, корона въ началѣ и концѣ затменія гораздо шире на той сторонѣ солнца, которая менѣе закрыта луной: на западномъ краю въ началѣ затменія, на восточномъ—въ концѣ. Въ серединѣ полной фазы корона приблизительно симметрична. На это обстоятельство долгое время ссылались тѣ, кто утверждалъ, что корона по-преимуществу явленіе земной атмосферы. Но другіе рисунки тѣхъ-же самыхъ затменій не показывали ничего подобнаго. То-же можно сказать о фотографическихъ снимкахъ, исключая одинъ или два случая, гдѣ достаточное объясненіе даютъ движущіяся облака. Съ другой стороны, фотографическіе снимки, полученные въ различные моменты затменія и на станціяхъ, отстоящихъ одна отъ другой на многія сотни километровъ,

такъ хорошо согласуются между собой, что, очевидно, главныя черты короны измѣняются только постепенно. Насколько мы знаемъ, онѣ сохраняются въ теченіе, по меньшей мѣрѣ, цѣлыхъ часовъ, а, можетъ быть, даже въ теченіе дней и недѣль. Это—общее правило. Но иногда онѣ замѣтнымъ образомъ измѣняются даже въ теченіе 20 минутъ, пока тѣнь проходитъ между станціями, раздѣленными всего нѣсколькими стами километровъ. Нѣкоторые думали, что они видѣли въ корональныхъ струяхъ быстрыя движенія. Эти струи были описаны, какъ волнующіяся и колеблющіяся. Одинъ или двое наблюдателей вообразили даже, что корона „вертѣлась, какъ огненное колесо въ фейерверкѣ". Вѣроятно, это—просто воображеніе; впрочемъ, если наблюдатель неопытенъ въ астрономическихъ наблюденіяхъ, идея о движеніи короны могла быть вызвана движеніями земной атмосферы. Обыкновенно-же получается совсѣмъ иное впечатлѣніе:—спокойной, невозмутимой устойчивости.

Сопоставимъ-же достовѣрные факты. Намъ кажется, что корона состоитъ главнымъ образомъ изъ волоконъ или нитей. Они исходятъ изъ солнца или развиваются въ его атмосферѣ, особенно-же обильно—въ тѣхъ частяхъ его поверхности, которыя расположены приблизительно на полупути между экваторомъ и полюсами. Волокна, которыя исходятъ съ каждой стороны этого пояса, имѣютъ стремленіе склоняться къ центральнымъ частямъ. Вслѣдствіе этого корона приближается къ формѣ звѣзды изъ четырехъ лучей; ихъ концы наклонены къ солнечной оси на 45° и составлены изъ сходящихся нитей. Такъ происходитъ синклинальное строеніе, которое ясно обнаружилъ Рэніардъ.

Очевидно однако, что это утвержденіе нельзя понимать буквально. Каждое затменіе представляетъ поразительныя исключенія. Всегда существуютъ: лучи касательные, кривые или наклонные, которыхъ нельзя подвести ни подъ какое правило; слабые, далеко заходящіе конусы свѣта въ родѣ тѣхъ, какіе были видны въ 1878 году; темныя трещины, круглыя туманныя массы, вихри и множество другихъ особенностей строенія, которыя такъ же не поддаются формулѣ, какъ формы пламени или облака.

Относительно природы и происхожденія веществъ, составляющихъ корону, мнѣнія сильно расходятся. Въ настоящее время весьма немногіе, думается намъ, отрицаютъ присутствіе атмосферы изъ раскаленныхъ газовъ. Она достигаетъ высоты, по крайней мѣрѣ, 480 000 километровъ. Нужно сознаться, что существованіе такой высокой атмосферы очень трудно примирить съ низкимъ давленіемъ на поверхности фотосферы; о послѣднемъ свидѣтельствуетъ тонкость фраунгоферовыхъ линій въ спектрѣ. Что же касается вещества, изъ котораго состоятъ струи короны, и природы силъ, опредѣляющихъ ихъ форму и положеніе,—въ этомъ вопросѣ не удалось достигнуть согласія. Иные видятъ въ коронѣ просто кучу метеоровъ. Дѣйствительно, въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ солнцемъ должно быть очень много метеорнаго вещества. Но, разсматривая рисунки, напримѣръ, затменія 1871 и 1889 годовъ, мы ясно увидимъ, что подробности короны нельзя объяснить этимъ путемъ. Повидимому болѣе вѣроятно, что кометные хвосты и струи полярнаго сіянія—явленія одного и того-же порядка. Установить это соотношеніе еще не значитъ объяснить корону; всетаки это былъ-бы шагъ впередъ. Онъ еще не сдѣланъ; но допустить его необходимо. Теперь еще не ясно, какъ подойти къ этой задачѣ. Приблизительная симметрія короны относительно солнечной оси и особенное обиліе корональныхъ

струй близъ поясовъ солнечныхъ пятенъ,—оба эти факта дѣлаютъ вѣроятнымъ, что замѣшанныя тутъ силы имѣютъ начало въ самомъ солнцѣ.

Очевидно, мы должны еще ждать рѣшенія задачи, представляемой великолѣпнымъ явленіемъ короны. Возможно, что наступитъ время, когда какое-нибудь новое изобрѣтеніе дастъ намъ средство видѣть и изучать корону при обыкновенномъ дневномъ свѣтѣ, какъ это сдѣлано относительно выступовъ. Спектроскопъ не удовлетворитъ этой цѣли, потому что лучи и струи короны даютъ непрерывный спектръ. Но было-бы необдуманно заявить, что никогда не найдутъ средства обнаружить строеніе окрестностей солнца, скрытое блескомъ нашей атмосферы. Если это не удастся, наши знанія будутъ развиваться, по всей вѣроятности, крайне медленно: корона видна, въ среднемъ, около 8 дней въ столѣтіе; притомъ явленіе ограничивается узкою полосою земной поверхности; на долю каждаго наблюдателя приходится отъ одной до пяти минутъ.

Эта оцѣнка основана на томъ обстоятельствѣ, что полныя затменія солнца случаются, въ среднемъ, разъ въ два года,—тѣнь употребляетъ (опять-таки въ среднемъ) почти три часа, чтобы пронестись надъ земнымъ шаромъ, и средняя продолжительность полной фазы колеблется между двумя и тремя минутами, никогда не достигая 8 минутъ и крайне рѣдко—6 минутъ.

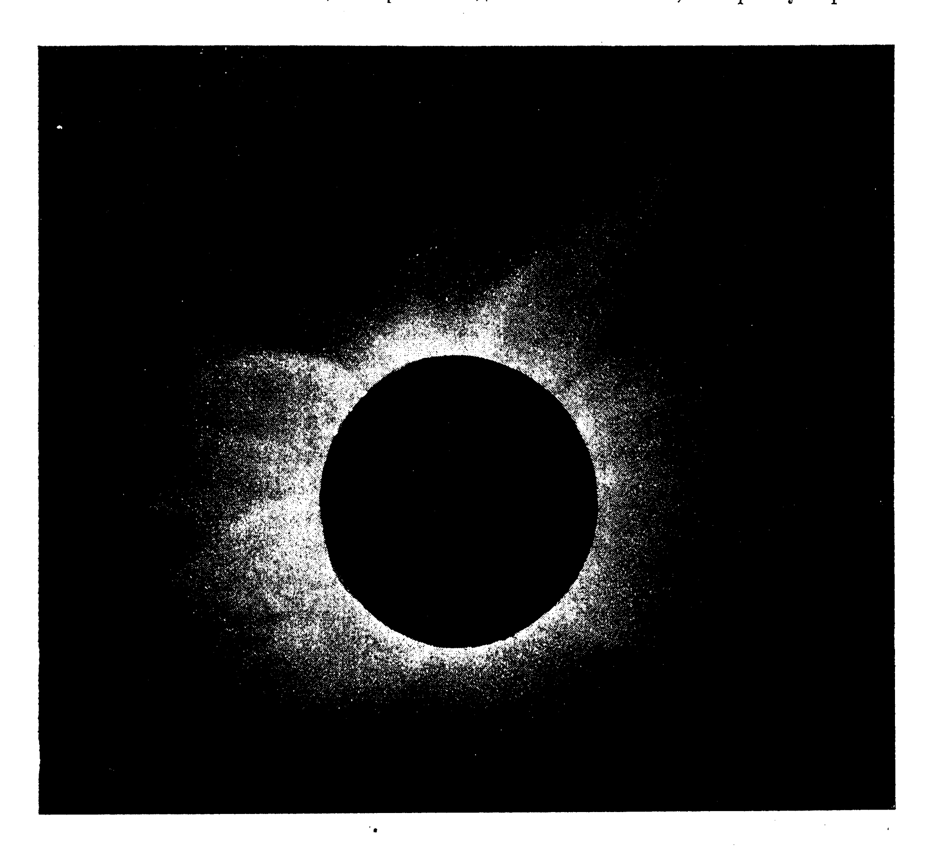
Были сдѣланы весьма настойчивыя попытки получить фотографическіе снимки короны при полномъ солнечномъ свѣтѣ. Геггинсъ упорно работалъ надъ этимъ въ теченіе цѣлаго ряда лѣтъ, начиная съ 1883 года. Ему очень рано удалось получить порядочное число пластинокъ, на которыхъ можно различить около солнца блѣдныя, неясныя формы вѣнца, повидимому весьма похожаго на корону. Въ 1884 году былъ намѣченъ и выполненъ планъ для пользованія подобнымъ приборомъ на Риффельбергѣ въ Швейцаріи и потомъ на Мысѣ Доброй Надежды. Ничего лучше первыхъ результатовъ Геггинса не получили. Но всѣмъ извѣстно, что съ сентября 1883 года вплоть до конца 1885 года воздухъ былъ наполненъ тонкимъ туманомъ, который, по всей вѣроятности, состоялъ, главнымъ образомъ, изъ пыли и пара отъ Кракатоа; это обстоятельство сильно мѣшало всѣмъ наблюденіямъ.

Въ то время какъ Геггинсъ въ Англіи занимался фотографическими изслѣдованіями, профессоръ Райтъ въ Нью-Гэвенѣ дѣлалъ опыты въ иномъ направленіи. Онъ отражалъ солнечные лучи въ темную комнату посредствомъ геліостата. Всѣ лучи, кромѣ синихъ и фіолетовыхъ, исключались съ помощью соотвѣтственной поглощающей камеры. Такимъ образомъ, Райтъ получалъ изображеніе солнца и его окрестностей на чувствительномъ флюоресцирующемъ экранѣ, причемъ лучи, идущіе отъ самаго диска солнца, задерживались. Онъ полагалъ и теперь полагаетъ, что получилъ истинное изображеніе короны. Но скоро воздухъ сдѣлался пасмурнымъ; пришлось прекратить изслѣдованіе; ясно, что чѣмъ-бы мы ни пользовались,—фотографіей или флюоресценціей, успѣхъ возможенъ только при условіи исключительной чистоты атмосферы.

Райтъ и Геггинсъ—оба основываютъ свои надежды на слѣдующемъ мнѣніи, повидимому подтверждаемомъ фотографическими снимками спектра, которые получены во время египетскаго затменія 17 мая 1882 года. Свѣтъ короны и верхнихъ областей солнечной „атмосферы“ (хотя въ строгомъ смыслѣ слова, это—совсѣмъ не „атмосфера“) особенно богатъ фіолетовыми и ультра-фіолетовыми лучами; корона

сильнѣе вліяетъ на фотографическую пластинку и флюоресцирующій экранъ, чѣмъ на глазъ.

29 августа 1886 года англійскія и американскія экспедиціи наблюдали полное затменіе на островѣ Гренада въ юго-западной Индіи. Ихъ отчетами совсѣмъ не подтверждается вещественность корональныхъ видовъ, которые получены Геггинсомъ и Райтомъ при ихъ попыткахъ сдѣлать корону видимою внѣ затменія. Геггинсъ доставилъ экспедиціи пластинки, совершенно одинаковыя съ тѣми, которыя употребля-



151. **Корона 9 августа 1896 года,**
фотографированная Костинскимъ на Новой Землѣ.

лись имъ въ его фотографическихъ опытахъ; капитанъ Дарвинъ выставилъ ихъ во время полной фазы (также до нея и послѣ нея) въ приборѣ, подобномъ аппарату Геггинса; время экспозиціи было то-же, какъ у Геггинса; проявленіе и обработка были выполнены по его указаніямъ. Несмотря на это, на пластинкахъ, выставленныхъ во время полной фазы, короны совсѣмъ не вышло. Время экспозиціи оказалось недостаточнымъ, чтобы обнаружить ее. На пластинкахъ, выставленныхъ во время частной фазы, точно также не оказалось никакихъ слѣдовъ луннаго контура внѣ солнечнаго края. Все это дѣлаетъ крайне вѣроятнымъ слѣдующій выводъ: если на пластинкахъ,

подвергнутыхъ дѣйствію солнечнаго свѣта при тѣхъ-же самыхъ условіяхъ, но только внѣ затменія, получается нѣчто въ родѣ короны, это—просто обманчивый призракъ. Его производитъ, какъ постоянно заявляли противники Геггинса, какая-нибудь особенность прибора или процесса, или, наконецъ, разсѣяніе свѣта въ земной атмосферѣ. Коммонъ справедливо указываетъ, что этотъ результатъ не абсолютно убѣдителенъ, потому что воздухъ во время затменія не былъ достаточно прозраченъ. Приходится однако согласиться, какъ допускаетъ и самъ Геггинсъ, что въ настоящее время вѣроятность противъ него. Капитанъ Дарвинъ получилъ хорошіе снимки короны съ обыкновенными пластинками, выставленными на болѣе продолжительное время въ обыкновенныхъ приборахъ. Послѣднія затменія 1889 и 1893 годовъ привели къ тѣмъ же самымъ выводамъ.

Совсѣмъ недавно профессоръ Хэль сдѣлалъ новую попытку со спектрогеліографомъ на горѣ Пайксъ-Пикъ, на вершинѣ Этны и на своей собственной обсерваторіи. Онъ бралъ инструментъ съ двойною щелью и устранялъ всѣ лучи, кромѣ свѣта линіи K, особенно сильнаго въ спектрѣ короны. Хэль надѣялся, что этимъ пріемомъ удастся въ значительной степени уменьшить дѣйствіе воздушнаго освѣщенія: въ самомъ дѣлѣ, въ спектрѣ воздуха „K свѣтъ“ почти отсутствуетъ: K представляется въ этомъ спектрѣ черной полосой. Но Хэль успѣлъ не больше, чѣмъ его предшественники.

Въ настоящее время Хэль занимается провѣркой новаго метода: онъ стремится обнаружить корону, пользуясь ея тепловыми лучами. Для этой цѣли онъ примѣняетъ болометрическій приборъ въ родѣ того, съ которымъ Ланглей выполнилъ свою замѣчательную работу относительно инфра-краснаго спектра.

Вѣроятно, должно допустить, что между астрономами и фотографами преобладаетъ нынѣ мнѣніе о невозможности изученія короны внѣ затменія. Всетаки автору, по крайней мѣрѣ, дѣло не представляется абсолютно безнадежнымъ. Нужно пожелать успѣха въ этихъ попыткахъ.

Не можемъ закончить этой главы, не сказавъ нѣсколько словъ относительно теоретическихъ умозрѣній въ вопросѣ о коронѣ и новѣйшихъ теченій въ этой области.

Въ 1883 году, когда французскія и американскія экспедиціи наблюдали затменіе на Каролинскихъ островахъ, профессоръ Хастингсъ сдѣлалъ наблюденія съ цѣлью провѣрить построенную имъ теорію, по которой внѣшнія области короны — просто дѣйствіе диффракціи, произведенной луннымъ краемъ.

Диффракція въ этомъ случаѣ происходитъ не отъ правильной періодичности свѣтовыхъ колебаній, а отъ того, что фаза колебаній, вѣроятно, подвергается постояннымъ перерывамъ или измѣненію. Изслѣдованіе этого вопроса не закончено; но кажется вѣроятнымъ, что при такихъ перерывахъ свѣтъ будетъ разсѣянъ гораздо сильнѣе, чѣмъ при обыкновенной диффракціи. Въ теченіе затменія съ помощью аппарата, построеннаго нарочно для этой цѣли, Хастингсъ нашолъ, что яркая корональная линія (1474 K) становится видимой на различномъ разстояніи отъ солнца: для стороны, менѣе закрытой луной, это разстояніе всегда значительно больше, чѣмъ для другой; такъ и должно быть, если его теорія правильна.

Но тѣ-же самыя слѣдствія могли быть вызваны диффузіей свѣта въ воздухѣ. На этомъ объясненіи и остановились французскіе наблюдатели, а также почти всѣ

другіе изслѣдователи предмета. Теперь самъ Хастингсъ, думается намъ, считаетъ возможнымъ, что какъ разъ въ критическій моментъ по солнцу могло пройти тонкое облако; этого было-бы достаточно, чтобы испортить наблюденіе.

Споры, которые начались послѣ обнародованія теоріи Хастингса, кажется, только подкрѣпили старый взглядъ, что корона представляетъ истинный придатокъ солнца; что это—облако изъ газа, тумана и пыли, крайне свѣтлое, хотя необычайно разрѣженное; что оно окружаетъ солнце, которое создало его своими собственными силами.

Извѣстно, что кометы, это „воздушное ничто", нѣсколько разъ проходили чрезъ корону; при этомъ ни орбита, ни строеніе ихъ не подвергались замѣтному измѣненію. Послѣдній такой случай былъ въ 1882 году. Многіе считали этотъ фактъ камнемъ преткновенія для общепринятой теоріи относительно короны. Это обстоятельство и заставило профессора Хастингса предложить свою теорію. Но при тщательномъ размышленіи мы приходимъ къ слѣдующему выводу: если допустить крайне разрѣженное состояніе свѣтящейся матеріи близъ солнца, можно справиться со всѣми трудностями, не вводя никакой нелѣпости. Вспомнимъ явленія электрическаго разряда въ Круксовыхъ трубкахъ; станетъ ясно, что, если „облако" имѣетъ тысячи километровъ въ толщину, достаточно, пожалуй, одной только молекулы на кубическій футъ, чтобы объяснить какіе угодно свѣтовые эффекты. Точно также всѣ эти трещины и струи, всѣ особенности строенія, наконецъ, кривизна формъ—все это свидѣтельствуетъ противъ диффракціонной гипотезы.

Профессоръ Шеберле съ обсерваторіи Лика предложилъ гипотезу совсѣмъ иного рода: онъ называетъ ее „механическою" теоріей солнечной короны. Теорія основана на томъ, что изверженія съ солнечной поверхности наиболѣе дѣятельны и многочисленны въ поясахъ пятенъ, и что солнце вращается на оси, наклонной на $82^3/_4{}^0$ къ плоскости земной орбиты. Вотъ его собственныя слова: „теоретическая корона производится свѣтомъ, испускаемымъ и отражаемымъ отъ потоковъ матеріи. Эти потоки выброшены съ солнца силами, которыя, вообще, дѣйствуютъ по линіямъ, нормальнымъ къ солнечной поверхности; эти силы наиболѣе дѣятельны близъ центра каждаго пояса солнечныхъ пятенъ".

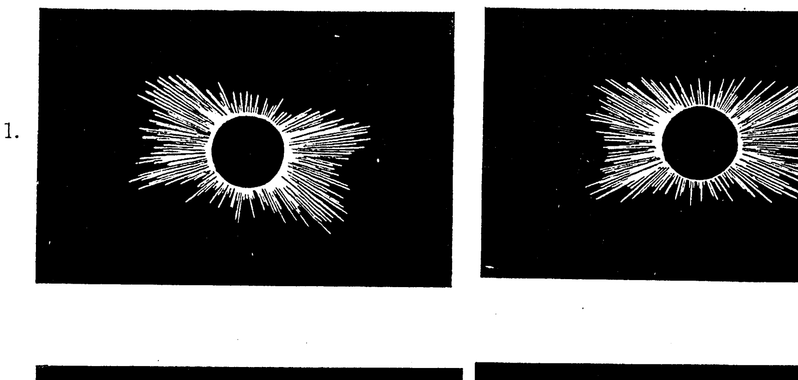
Многія изъ видимыхъ измѣненій въ типѣ короны зависятъ отъ перспективы, при которой наблюдаются струи короны, сообразно со временемъ года. Другія измѣненія зависятъ отъ сравнительнаго обилія и силы потоковъ на различныхъ частяхъ солнечной поверхности, сообразно съ фазой періода солнечныхъ пятенъ въ данное время. Что-же касается прочихъ измѣненій, особенно кривыхъ лучей,—здѣсь причиной являются оптическія иллюзіи: онѣ происходятъ отъ видимаго пересѣченія и переплетенія потоковъ, лежащихъ въ разныхъ плоскостяхъ.

Примемъ вмѣстѣ съ Шеберле, что вещество потоковъ выбрасывается съ солнца съ начальною скоростью, могущею достигать почти 600 километровъ въ секунду, —что оно удаляется на разстояніе, равное діаметрамъ орбитъ Юпитера и Сатурна, и возвращается съ тою-же скоростью. Въ такомъ случаѣ въ области, смежной съ солнцемъ, долженъ падать разсѣянный дождь изъ быстро нисходящей пыли; съ этой пылью встрѣчаются, ее пронизываютъ восходящія струи, болѣе опредѣленныя и концентрированныя.

Въ такой встрѣчѣ и столкновеніи поднимающихся и падающихъ веществъ Шеберле думаетъ найти объясненіе періодичности солнечныхъ пятенъ. Что-же касается

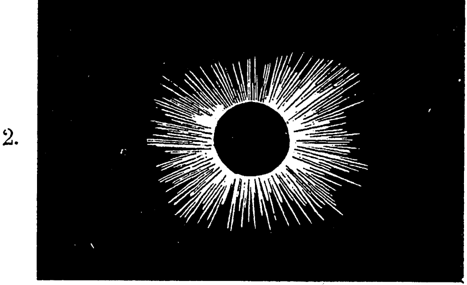
поясовъ пятенъ, Шеберле объясняетъ ихъ существованіе тѣмъ, что нагрѣтые газы, восходя отъ центра остывающаго солнечнаго шара, достигаютъ до поверхности и производятъ въ фотосферѣ поясы большей или меньшей толщины,—поясы, гдѣ поверхность крѣпка или слаба. Для подробнаго знакомства съ этой теоріей, получившей довольно широкое распространеніе, мы должны отослать читателя къ подлиннымъ статьямъ ея автора. Ихъ можно найти въ отчетѣ обсерваторіи Лика о декабрскомъ затменіи 1889 года и въ XIII томѣ журнала „Astronomy and Astro-Physics“ за апрѣль 1894 года. Эта теорія не даетъ, впрочемъ, понятнаго объясненія видимыхъ спектральныхъ различій между хромосферой и короной; кромѣ того, въ ней совсѣмъ не упоминается о магнитныхъ силахъ, дѣйствующихъ на солнцѣ.

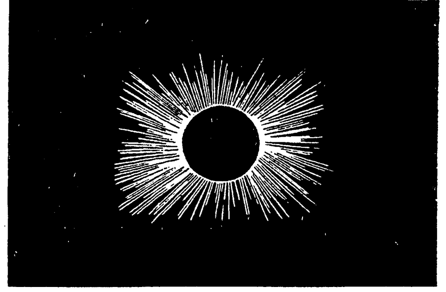
1.



3.

2.





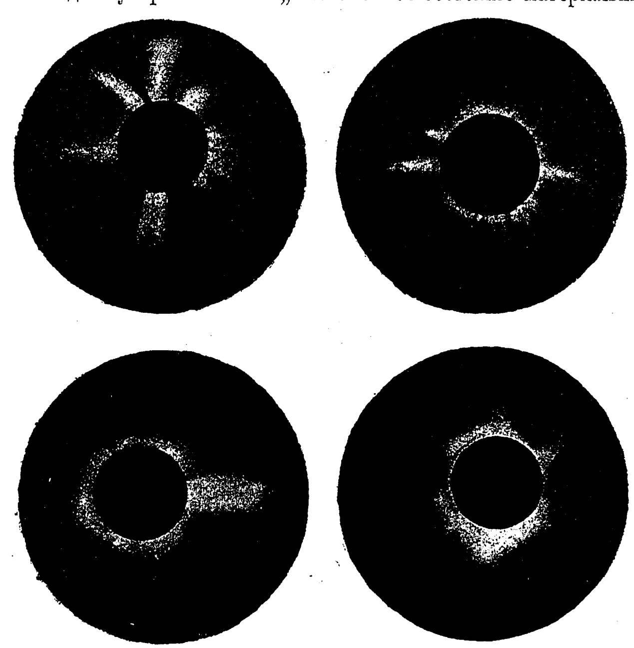
4

152—155. **Теорія короны Шеберле.**

Существуетъ еще теорія, которую можно считать главной соперницей теоріи Шеберле: корона это—нѣчто въ родѣ постояннаго „полярнаго сіянія“, окружающаго солнце. При этомъ положеніе и направленіе корональныхъ струй опредѣляется магнитнымъ полемъ солнца—точно такъ-же, какъ земныя линіи магнитной силы сообщаютъ направленіе лучамъ земныхъ „полярныхъ сіяній“.

Математическое изслѣдованіе этого вопроса произведено недавно профессоромъ Байджлоу. Повидимому оно увѣнчалось большимъ успѣхомъ, насколько дѣло идетъ о распредѣленіи, кривизнѣ и общемъ видѣ потоковъ и нитей, составляющихъ корону. Байджлоу находитъ, что на солнцѣ, какъ и на землѣ, магнитная ось не сов-

падаетъ съ осью вращенія: сѣверный магнитный полюсъ солнца отстоитъ на $4^1/_4{}^0$ и южный—на $9^1/_3{}^0$ отъ соотвѣтственнаго полюса вращенія. Измѣривши фотографическіе снимки короны 1878 года, Байджлоу приходитъ къ такому заключенію: силу, которая направляетъ струи, повидимому нужно считать отталкивательною; основанія отдѣльныхъ потоковъ, не очень многочисленныхъ, но поражающихъ размѣрами, группируются, главнымъ образомъ, въ поясѣ около 10^0 ширины, съ наибольшею плотностью около 34^0 отъ корональныхъ полюсовъ; ихъ видимыя вершины помѣщены на высотѣ около 800 000 километровъ вертикально надъ поясами солнечныхъ пятенъ. Байджлоу прибавляетъ: „Раскаленное состояніе матеріальныхъ частицъ



156—159. **Искусственная корона,**
полученная Пюпиномъ при электрическомъ разрядѣ.

на этой высотѣ видимо прекращается; разъ началось сгущеніе, здѣсь существовали-бы условія, необходимыя для низверженія холодныхъ массъ, которыя, падая на солнечную поверхность, производятъ, по общепринятому предположенію, пятна“. По мнѣнію Байджлоу, „экваторіальное крыло, не обнаруживающее никакихъ подробностей строенія, это, безъ сомнѣнія,—плавающая масса охлаждающейся матеріи, которая потомъ станетъ низвергаться на солнце“. За дальнѣйшими подробностями отсылаемъ читателя къ статьямъ профессора Байджлоу въ „American Journal of Science“ съ 1891 по 1894 годъ.

Что касается происхожденія отталкивательной силы, которая отбрасываетъ струи отъ полярныхъ областей, профессоръ Байджлоу самъ выражаетъ сомнѣнія; очевидно всетаки, что, по его мнѣнію, оно можетъ быть „электрическимъ“ въ широкомъ смыслѣ слова.

Мы не смѣемъ заключить главу, не указавъ, по крайней мѣрѣ, вскользь на прекрасные опыты Пюпина въ Нью-Іоркѣ. При извѣстныхъ условіяхъ онъ получаетъ великолѣпные „короноидальные разряды“ отъ поверхности мѣднаго шара, заключеннаго внутри большого стекляннаго шара; воздухъ изъ послѣдняго былъ болѣе или менѣе совершенно выкачанъ. Фотографическіе снимки Пюпина весьма поучительны: повидимому они показываютъ, что если-бы на солнцѣ происходили сильныя электрическія возмущенія,—такъ сказать, „солнечныя грозы“,—они могли чрезъ индукцію произвести корональныя струи. Но возможны-ли такія грозы при солнечныхъ температурахъ? Въ настоящее время это—крайне сомнительно. Нужно ждать дальнѣйшаго развитія этого предмета.

VIII.

Свѣтъ и теплота солнца.

Солнечный свѣтъ, выраженный въ свѣчахъ. — Способъ измѣренія. — Яркость солнечной поверхности. — Опытъ Ланглея. — Уменьшеніе яркости у края солнечнаго диска. — Взглядъ Хастингса на природу поглощающей оболочки. — Полная величина поглощенія, производимаго солнечной атмосферой. — Тепловые, свѣтовые и актиническіе лучи: ихъ основное тожество и различіе. — Измѣреніе солнечнаго излученія. — Способъ Гершеля. — Количество солнечной теплоты. — Пиргеліометры Пулье, Крова. — Актинометръ Віолля. — Изслѣдованія Ланглея. — Поглощеніе теплоты атмосферой земли и атмосферой солнца. — Вопросъ о различіи температуры на различныхъ частяхъ солнечнаго диска. — Вопросъ объ измѣненіи солнечнаго излученія съ періодомъ солнечныхъ пятенъ. — Температура солнца: истинная и эффективная. — Взгляды Секки, Эриксона, Пулье, Викэра, Розетти, Лешателье, Уильсона и Грея. — Спектральное доказательство Шейнера. — Доказательство съ помощью зажигательнаго стекла. — Опытъ Ланглея съ Бессемеровымъ конверторомъ. — Постоянство солнечной теплоты въ теченіе послѣднихъ двухъ тысячъ лѣтъ. — Метеорная теорія солнечной теплоты. — Теорія сжатія Гельмгольца. — Возможная продолжительность возмѣщенія солнечной теплоты въ прошломъ и будущемъ. — Несостоятельность теоріи Сименса.

Солнечный свѣтъ—самое напряженное излученіе, какое нынѣ намъ извѣстно. Онъ далеко превосходитъ яркость свѣта кальція; даже самая мощная электрическая дуга не можетъ сравняться съ нимъ. Помѣстимъ любой изъ этихъ источниковъ свѣта между глазомъ и поверхностью солнца; на солнечномъ дискѣ онъ покажется чернымъ пятномъ.

Мы въ состояніи измѣрить полное количество солнечнаго свѣта съ нѣкоторою точностью и выразить величину его въ „свѣчахъ“.

Получается число, настолько огромное, что трудно охватить его значеніе. Это—

1575 000 000 000 000 000 000 000 000,

тысяча пятьсотъ семьдесятъ пять билліоновъ билліоновъ, по англійскому способу нумераціи, при которомъ милліонъ милліоновъ равняется билліону; или: одинъ октилліонъ пятьсотъ семьдесятъ пять септилліоновъ, если мы предпочтемъ французскую нумерацію.

„Свѣча“, представляющая единицу свѣта, общеупотребительную въ фотометріи *), это — количество свѣта, доставляемое спермацетовою свѣчей, вѣсящею $^1/_6$ фунта (75,6 грамма) и сжигающею 120 грановъ (7,78 грамма) въ часъ. Обыкновенный газовый рожокъ, расходующій 5 куб. фут. газа въ часъ, даетъ при хорошемъ качествѣ газа въ 12 и даже 16 разъ больше свѣта. Слѣдовательно, полный свѣтъ солнца почти равносиленъ ста билліонамъ билліоновъ (ста октилліонамъ) такихъ газовыхъ рожковъ.

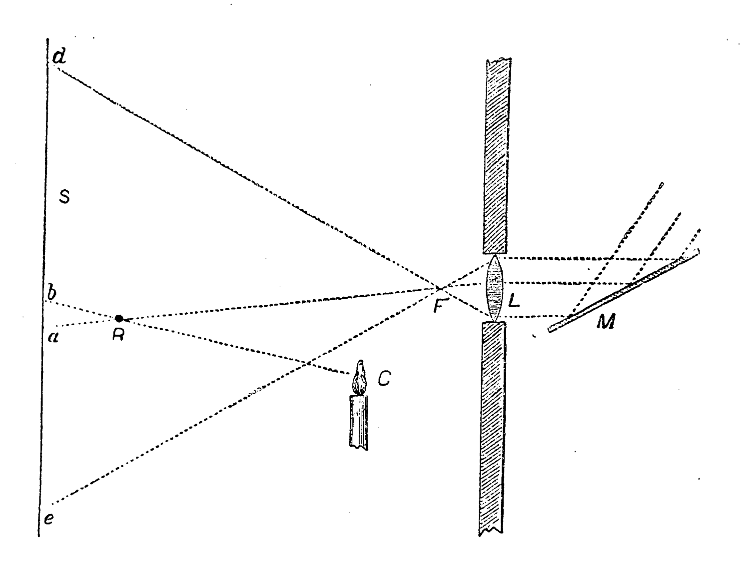
Эта выкладка основана, главнымъ образомъ, на измѣреніяхъ, сдѣланныхъ Бугеромъ въ 1725 году и Волластономъ въ 1799 году. Съ тѣхъ поръ, впрочемъ, они были подтверждены другими. Они нашли, что солнце въ зенитѣ освѣщаетъ бѣлую поверхность почти въ 60 000 разъ сильнѣе, чѣмъ нормальная или образцовая свѣча, помѣщенная на разстояніи одного метра. Принимая въ разсчетъ поглощеніе свѣта въ нашей атмосферѣ, мы увеличимъ число почти до 70 000. Разстояніе солнца отъ земли весьма близко къ 150 милліонамъ километровъ. Умножимъ 70 000 на квадратъ 150 000 000 000 (километры обращены здѣсь въ метры). Произведеніе выразитъ число свѣчей, которыя на разстояніи солнца дали бы свѣтъ, равный солнечному. Число приведено выше. Несомнѣнно, допущена ошибка, составляющая значительный процентъ. Дѣло въ томъ, что число основано на старыхъ наблюденіяхъ, которыя должны быть повторены; притомъ наблюденія эти трудны и никогда не бываютъ удовлетворительны. Этому мѣшаетъ неопредѣленность фотометрической единицы, крайнее различіе между напряженностью сравниваемыхъ источниковъ свѣта и разница между цвѣтомъ солнечнаго свѣта и свѣта свѣчи. Послѣднее обстоятельство особенно затрудняетъ сравненіе. Какъ производится сравненіе, это показано на рисункѣ 160.

Зеркало M отбрасываетъ лучи солнца въ темную комнату на небольшое увеличительное стекло, діаметръ котораго точно извѣстенъ. Это стекло собираетъ лучи въ фокусъ T. Пройдя чрезъ фокусъ, они расходятся и падаютъ на бѣлый экранъ S, помѣщенный на значительномъ разстояніи. Забудемъ на моментъ о потерѣ свѣта при отраженіи отъ поверхности зеркала и прохожденіи чрезъ стекло. Въ такомъ случаѣ можно сказать, что освѣщеніе экрана во столько разъ слабѣе полнаго солнечнаго свѣта, во сколько разъ площадь оптическаго стекла L меньше площади свѣтоваго диска на экранѣ. Пусть діаметръ стекла—$^1/_4$ дюйма, а діаметръ свѣтлаго круга на экранѣ—10 футъ; тогда свѣтъ экрана будетъ въ 230 400 разъ слабѣе солнечнаго свѣта. Если примемъ въ разсчетъ потерю свѣта при отраженіи и прохожденіи чрезъ стекло, отношеніе будетъ, вѣроятно, недалеко отъ 300 000: 1. Конечно, эти двѣ поправки должно (и можно) опредѣлить съ точностью изъ спеціальныхъ наблюденій. Существуютъ различные пріемы. Самый простой способъ, котораго вовсе нельзя считать наименѣе точнымъ, состоитъ въ слѣдующемъ. Близъ экрана помѣщаютъ небольшую палочку въ родѣ карандаша; при освѣщеніи солнцемъ отъ нея падаетъ тѣнь въ *a*. Двигаютъ взадъ и впередъ свѣчу сравненія C; наконецъ

*) Фотометрическая единица, предложенная Парижскимъ Международнымъ Конгрессомъ въ 1890 году, это—$^1/_{20}$ свѣта, испускаемаго квадратнымъ сантиметромъ расплавленной платины, начинающей отвердѣвать. Она названа „десятичною свѣчей“ и почти на 1% меньше старой единицы.

находятъ для нея такое положеніе, при которомъ тѣнь отъ ея пламени въ b также сильна, какъ другая тѣнь. Тогда относительныя количества освѣщенія на экранѣ, произведенныя солнцемъ и свѣчею, будутъ относиться между собой, какъ квадраты линій aF и bC. Существуютъ другіе способы, допускающіе большую точность; но всѣ они (какъ и этотъ) страдаютъ отъ разницы между окраскою солнечнаго свѣта и окраскою свѣта свѣчи. Самая слабая сторона опыта лежитъ, впрочемъ, въ поправкахъ на потерю свѣта въ атмосферѣ, у зеркала и въ стеклѣ.

До сихъ поръ мы разсматривали только полный свѣтъ, испускаемый солнцемъ. Вопросъ о внутренней яркости его поверхности это—вопросъ особый, хотя и связанный съ первымъ; его рѣшеніе зависитъ отъ тѣхъ же самыхъ наблюденій въ связи



160. **Какъ измѣряется сила солнечнаго свѣта.**

съ опредѣленіемъ площадей, испускающихъ свѣтъ. Такъ какъ пламя свѣчи на разстояніи одного метра кажется значительно больше солнечнаго диска, очевидно, свѣтъ свѣчи слабѣе солнечнаго болѣе, чѣмъ въ 70 000 разъ. Въ дѣйствительности, нужно удалить пламя свѣчи на разстояніе около 1,65 метра, чтобы оно покрыло ту-же самую площадь неба, какъ солнце. Поэтому средняя яркость солнечной поверхности должна превосходить яркость пламени свѣчи въ 190 000 разъ.

Обратимся къ свѣту кальція. Свѣтящаяся поверхность блещетъ здѣсь гораздо сильнѣе, чѣмъ пламя свѣчи; размѣры-же ея гораздо меньше. Слѣдовательно, разница не такъ велика. Согласно съ извѣстными опытами Физо и Фуко въ 1844 году, солнечная поверхность въ 146 разъ ярче, чѣмъ раскаленная известь. Въ то-же самое время Физо и Фуко производили опыты съ электрической дугой. Оказалось, что самая яркая часть ея только въ 4 раза блѣднѣе солнца. Но при этихъ опытахъ лучи, подлежавшіе сравненію, дѣйствовали на дагерротипную пластинку; можно сильно сомнѣваться въ точности опытовъ. При дальнѣйшихъ опытахъ яркость по-

ложительнаго угля электрической дуги оказалась въ нѣкоторыхъ случаяхъ гораздо больше,—нужно отмѣтить, что положительный уголь всегда блещетъ значительно сильнѣе отрицательнаго. Утверждали, что въ немногихъ случаяхъ получали яркость, равную половинѣ яркости солнечной поверхности. Но это не доказано: сравненіе было косвенное. Великолѣпное освѣщеніе, производимое динамо-электрическими машинами настоящаго времени, отличается отъ того свѣта, какимъ пользовались Физо и Фуко, не столько напряженностью, сколько количествомъ. Освѣщающія поверхности больше, величина дуги гораздо значительнѣе; но яркость интересующихъ насъ свѣтящихся точекъ остается, кажется, приблизительно одной и той-же; вѣроятно, она зависитъ, главнымъ образомъ, отъ физическихъ свойствъ угля, которыя, по существу, одни и тѣ-же во всѣхъ случаяхъ.

Одно изъ интереснѣйшихъ наблюденій надъ яркостью солнца принадлежитъ профессору Ланглею. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ, въ 1878 году, онъ произвелъ тщательное сравненіе между излученіемъ солнца и излученіемъ ослѣпительной поверхности расплавленнаго металла въ Бессемеровомъ конверторѣ. Блескъ этого металла необычайно силенъ: въ извѣстный моментъ процесса къ металлу, уже находящемуся въ плавильникѣ, прибавляютъ расплавленнаго желѣза; такъ вотъ этотъ ослѣпительный потокъ рядомъ съ металломъ конвертора кажется „густого коричневаго цвѣта; получается такой-же контрастъ, какъ если-бы въ бѣлую чашку наливали чернаго кофе“. Производя сравненіе, намѣренно предоставляли металлу преимущества сравнительно съ солнечнымъ свѣтомъ: такъ, вовсе не принимались въ разсчетъ потери, испытанныя послѣднимъ при прохожденіи чрезъ дымный воздухъ Питтсбурга къ рефлектору, отбрасывавшему лучи въ фотометрическій аппаратъ. Всетаки, не взирая на эту невыгоду, солнечный свѣтъ оказался ярче ослѣпительнаго излученія раскаленнаго металла въ пять тысячъ триста разъ!

До сихъ поръ мы говорили о солнцѣ, какъ о цѣломъ. Но, какъ было сказано раньше, сила свѣта убываетъ у краевъ диска. Это уменьшеніе свѣта настолько замѣтно, что насъ крайне удивляетъ, какъ нѣкоторые, напр., Ламбертъ, могли сомнѣваться въ немъ. Араго опредѣлилъ разницу только въ $^{1}/_{41}$. Эта величина настолько незначительна, что едва ли была-бы доступна наблюденію. Между тѣмъ достаточно вооружиться малымъ телескопомъ съ отверстіемъ въ 2 дюйма и получить на экранѣ изъ бѣлой бумаги изображеніе солнца въ одинъ футъ діаметромъ, чтобы обнаружить уменьшеніе свѣта у краевъ диска совершенно неоспоримымъ образомъ. Для сравненія яркости различныхъ частей диска было сдѣлано много измѣреній. Профессора Пикерингъ и Ланглей въ Америкѣ и Фогель въ Германіи— принадлежатъ къ числу послѣднихъ и наиболѣе авторитетныхъ изслѣдователей этого вопроса.

Профессоръ Пикерингъ выполнилъ свои измѣренія, получая съ помощью малаго телескопа изображеніе солнца около 16 дюймовъ (40 см.) шириной на бѣломъ экранѣ съ просверленнымъ отверстіемъ въ $^{3}/_{4}$ дюйма (18 мм.) въ діаметрѣ. Телескопъ былъ помѣщенъ горизонтально; свѣтъ направляли къ нему зеркаломъ почти такъ же, какъ показано на предшествующемъ рисункѣ; разница лишь въ томъ, что зеркало перемѣщалось съ помощью часоваго механизма, поэтому изображеніе все время падало на одно мѣсто. Лучи проходили чрезъ отверстіе въ экранѣ и принимались на дискѣ Бунзенова фотометра. Свѣтъ ихъ обычнымъ порядкомъ

сравнивался со свѣтомъ образцовой свѣчи. Такимъ образомъ было найдено отношеніе между яркостью центра и яркостью другихъ частей диска. Сравнимъ свѣтъ, идущій отъ края, и свѣтъ, идущій отъ центра; по Пикерингу, отношеніе между напряженностью того и другого составляетъ 37 : 100.

Фогель въ 1877 году обставилъ изслѣдованіе еще болѣе предусмотрительно. Онъ работалъ со спектро-фотометромъ. Благодаря ему, Фогель могъ съ большою точностью и прямо сравнить яркость лучей различной окраски, идущихъ отъ различныхъ частей солнца: красные лучи сравнивались съ красными; затѣмъ тѣ-же лучи съ желтыми, зелеными, синими и фіолетовыми. Результаты, полученные Фогелемъ, переданы вкратцѣ на слѣдующей таблицѣ. Въ первомъ столбцѣ, отмѣченномъ буквою D, дано разстояніе точки отъ солнечнаго центра въ процентахъ солнечнаго радіуса. Другіе столбцы показываютъ отношеніе между свѣтомъ извѣстной окраски въ центрѣ диска и въ данной точкѣ; отношеніе выражено также въ процентахъ. Такъ, напряженность фіолетоваго свѣта у самаго края диска, на разстояніи 100% солнечнаго радіуса, составляетъ только 13% его напряженности въ центрѣ; красные лучи на краю диска сохраняютъ лишь 30% той яркости, какою обладаютъ въ центрѣ.

D.	Фіолетовый λ 408.	Синій λ 470.	Зеленый λ 512.	Желтый λ 589.	Красный 662.	Пикерингъ. Общій свѣтъ.
0	100	100	100	100	100	100
10	99,6	99,7	99,7	99,8	99,9	98,8
20	98,5	98,8	98,7	99,2	99,5	—
30	96,3	97,2	96,9	98,2	98,9	—
40	93,4	94,1	94,3	96,7	98,0	94,0
50	88,7	91,3	90,7	94,5	96,7	91,3
60	82,4	87,0	86,2	90,9	94,8	87,0
70	74,4	80,8	80,0	84,5	91,0	—
75	69,4	76,7	75,9	80,1	88,1	78,8
80	63,7	71,7	70,9	74,6	84,3	—
85	56,7	65,5	64,7	67,7	79,0	69,2
90	47,7	57,6	56,6	59,0	71,0	—
95	34,7	45,6	44,0	46,0	58,0	55,4
100	13,0	16,0	18,0	25,0	30,0	37,4

Мы прибавили въ послѣднемъ столбцѣ нѣкоторые результаты профессора Пикеринга, которые, какъ мы увидимъ, по большей части, вполнѣ удовлетворительно сходятся съ результатами Фогеля.

Изъ таблицы Фогеля становится очевиднымъ слѣдующій выводъ: окраска свѣта на краю диска должна отличаться отъ его окраски въ центрѣ, потому что на краю теряется болѣе фіолетовыхъ лучей, чѣмъ красныхъ.

Профессоръ Ланглей въ 1875 году, пытаясь прямо измѣрить яркость точекъ близъ центра и края, крайне остроумнымъ образомъ направлялъ свѣтъ отъ двухъ точекъ на дискъ Бунзенова фотометра. Получалась возможность сличать окраску. Ланглей нашелъ, что край почти шоколатно-коричневый, а центръ совершенно синеватый, если за образецъ бѣлизны принять обыкновенный солнечный свѣтъ. Различіе окраски было выражено настолько, что трудно было производить измѣренія. Мы никогда не видѣли результатовъ этой работы въ печати и не знаемъ даже, были ли они, вообще, напечатаны. Впрочемъ, среди изслѣдованій, произведенныхъ въ этой области до настоящаго времени, на первое мѣсто нужно поставить работу Фогеля, такъ-какъ въ ней данъ наиболѣе полный анализъ относительно различныхъ цвѣтовъ.

Ослабленіе свѣта близъ солнечнаго края объясняется, конечно, поглощеніемъ части лучей солнечною атмосферой *). Поэтому интересно изслѣдовать: какая часть солнечнаго свѣта поглощается такимъ образомъ? насколько ярче сіяло бы солнце, если бы внезапно было лишено своихъ газовыхъ оболочекъ?

Къ сожалѣнію, при современномъ состояніи науки на этотъ вопросъ трудно отвѣтить точно и опредѣленно. Допустивъ извѣстныя гипотезы относительно состава свѣтящейся поверхности и характера атмосферы, мы можемъ, правда, вывести математическія формулы довольно сложнаго характера, которыя *при этихъ гипотезахъ* будутъ соотвѣтствовать наблюдавшимся фактамъ.

Лапласъ, напримѣръ, предположилъ, что на свѣтящейся поверхности солнца каждая точка излучаетъ по всѣмъ направленіямъ одинаково, и что атмосфера солнца всюду однородна. Лапласъ зналъ, конечно, что солнечная атмосфера не можетъ быть однородной, но не зналъ, какіе законы плотности и температуры приложить въ этомъ случаѣ. Вотъ почему онъ не могъ остановиться на гипотезѣ болѣе

---

*) Вообще думали, что эта поглощающая оболочка должна быть газообразна, и обыкновенно отожествляли ее съ такъ называемымъ обращающимъ слоемъ. Профессоръ Хастингсъ изъ Нью-Гэвена предложилъ, впрочемъ, теорію нѣсколько отличную: поглощеніе, по его мнѣнію, производится матеріей въ порошкообразномъ состояніи; ея температура ниже температуры фотосферныхъ облаковъ; она разсѣяна въ нижнихъ частяхъ истинной солнечной атмосферы. Съ особенною силой Хастингсъ настаиваетъ на томъ, что поглощеніе газовъ при такой температурѣ должно быть *избирательнымъ*, т. е., должно производить въ спектрѣ полосы и линіи. Между тѣмъ намъ приходится говорить о поглощеніи *общемъ*, которое ослабляетъ всѣ лучи, хотя, конечно, лучи съ короткою волною поглощаются сильнѣе, чѣмъ лучи съ длинною волною, какъ еще раньше указалъ Ланглей. По словамъ Ланглея, поглощеніе производится веществомъ, которое сгущается и осаждается при температурѣ болѣе высокой, чѣмъ температура фотосферы; поэтому ни въ фотосферѣ, ни въ обращающемъ слоѣ не можетъ быть его пара,—по крайней мѣрѣ, въ замѣтномъ количествѣ, а въ спектрѣ солнца не можетъ быть его линій. Ланглей считалъ весьма вѣроятнымъ, что это—углеродъ, линіи котораго въ то время, какъ онъ писалъ, не были еще открыты. Теперь Локіеръ и Роландъ доказали ихъ существованіе. Трудно въ настоящее время опредѣлить его дѣйствительное тожество.

правильной. Допуская указанныя гипотезы и полагая въ основу вычисленій наблюденія Бугера, которыя въ главныхъ чертахъ согласны съ новѣйшими наблюденіями, Лапласъ нашелъ, что солнечная атмосфера должна поглощать около $^{11}/_{12}$ всего свѣта. Другими словами, солнце безъ своей атмосферы было-бы почти въ 12 разъ ярче, чѣмъ теперь. Секки присоединился къ выводу Лапласа.

Первая гипотеза Лапласа, вѣроятно, весьма далека отъ истины. Насколько мы знаемъ, никакая свѣтящаяся поверхность не излучаетъ такъ, какъ онъ предполагаетъ: излученія, наклонныя къ поверхности, вообще, несравненно слабѣе, чѣмъ излученія, перпендикулярныя къ поверхности. По гипотезѣ Лапласа, солнце, лишенное атмосферы, было-бы гораздо ярче у края, чѣмъ въ центрѣ. Но представимъ раскаленный металлическій шаръ или освѣщенный шаръ изъ бѣлаго стекла (напримѣръ, абажуръ лампы); во всѣхъ точкахъ его поверхности яркость повидимому одинакова: убыль излученія уравновѣшивается перспективнымъ уменьшеніемъ каждаго квадратнаго дюйма поверхности, наклонной къ линіи зрѣнія.

Пикерингъ допустилъ для солнечной поверхности именно этотъ законъ излученія. Но въ то-же время онъ удержалъ гипотезу однородной атмосферы. При этихъ условіяхъ ему удалось показать, что наблюдаемое потемнѣніе отъ центра къ краю солнечнаго диска получило бы довольно хорошее объясненіе, если предположить, что высота солнечной атмосферы равна приблизительно солнечному радіусу, а ея способность къ поглощенію такова, что въ центрѣ диска уменьшаетъ свѣтъ почти на 74°/о, пропуская только 26°/о. Отсюда выводъ: если-бы не было солнечной атмосферы, освѣщеніе было-бы почти въ $4^2/_3$ раза больше, чѣмъ теперь. Не забудемъ только, что допущены извѣстныя гипотезы.

Тотъ же основной законъ излученія принятъ Фогелемъ. Его наблюденія привели его къ выводу, что удаленіе солнечной атмосферы увеличило-бы яркость красныхъ лучей почти въ 1,49 раза, а яркость фіолетовыхъ въ 3,01. Разница между этимъ результатомъ и результатомъ Пикеринга больше, чѣмъ слѣдовало ожидать, судя по общему согласію ихъ наблюденій. Вѣроятно, она происходитъ, главнымъ образомъ, отъ того, что Фогель пользуется формулой Лапласа. Въ ней допускается, что солнечная атмосфера очень тонка сравнительно съ величиной самаго солнца. При вычисленіяхъ-же Пикеринга подобнаго ограниченія не дѣлалось. Существуетъ затѣмъ значительное различіе между наблюденіями обоихъ ученыхъ близъ края диска: по Фогелю, въ этой области свѣтъ убываетъ гораздо быстрѣе, слѣдовательно, атмосфера гораздо тоньше и плотнѣе, чѣмъ принимаетъ Пикерингъ.

Очевидно, впрочемъ, что въ настоящее время мы должны довольствоваться довольно неопредѣленнымъ заявленіемъ: удаленіе солнечной атмосферы увеличитъ яркость солнца въ нѣсколько разъ. Почти навѣрное, количество свѣта, получаемаго землей, удвоится; едва ли правдоподобно, что оно возростетъ въ пять разъ. Сверхъ того, цвѣтъ солнечнаго свѣта существенно измѣнится: какъ указалъ Ланглей, онъ сдѣлается синеватымъ въ большей степени, чѣмъ теперь. Солнечная атмосфера дѣлаетъ прошедшій чрезъ нее свѣтъ краснымъ, точно такъ же, какъ это дѣлаетъ земная атмосфера при солнечномъ закатѣ, но въ меньшей степени.

До сихъ поръ мы ограничивались тѣми излученіями, которыя дѣйствуютъ на чувство зрѣнія. На эти лучи дѣлаютъ больше: принятые на темную поверхность, они, какъ говорится, „поглощаются“, и поглощающее тѣло становится теплѣе.

Въ настоящее время въ наукѣ нѣтъ положенія, доказаннаго съ большею точностью, чѣмъ то, что эти свѣтовыя излученія состоятъ изъ колебаній невообразимой (хотя измѣримой) быстроты, которыя передаются чрезъ промежуточное пространство. Эти колебанія не только дѣйствуютъ на зрительные нервы чувствующихъ существъ, но производятъ также много другихъ эффектовъ, физическихъ, тепловыхъ или химическихъ, сообразно съ поверхностью, которая ихъ принимаетъ. Способность человѣческаго глаза къ ощущенію очень ограничена: имъ воспринимаются только такія колебанія, которыя остаются въ извѣстныхъ предѣлахъ быстроты. Самыя медленныя колебанія, которыя онъ различаетъ, это— колебанія крайняго краснаго цвѣта: здѣсь происходитъ около 390 000 000 000 000 колебаній въ секунду. Самыя-же быстрыя это — колебанія крайняго фіолетоваго цвѣта; они почти вдвое быстрѣе: 770 000 000 000 000 колебаній въ секунду. Но лучи, испускаемые солнцемъ, не ограничены такими точными предѣлами; кромѣ визуальныхъ (доступныхъ нашему зрѣнію) колебаній, существуютъ другія: и болѣе медленныя, и болѣе быстрыя. Въ теченіе многихъ лѣтъ преобладало мнѣніе, основанное на невѣрныхъ опытахъ Брюстера, будто между тепловыми, свѣтовыми и химическими лучами, есть основное различіе, хотя они и существуютъ вмѣстѣ въ солнечныхъ лучахъ. Это ошибка. Дѣйствительно, лучи, недоступные для глаза, потому-что колебанія ихъ слишкомъ медленны, производятъ сильное нагрѣваніе; лучи-же, невидимые, потому-что ихъ колебанія слишкомъ быстры, обусловливаютъ извѣстныя химическія и физическія реакціи. Все это вѣрно. Но вѣрно также и то, что видимые лучи въ большей или меньшей степени способны къ тѣмъ-же эффектамъ. Затѣмъ есть основанія думать, что нѣкоторыя животныя могутъ видѣть, благодаря лучамъ, къ которымъ нечувствительна человѣческая сѣтчатка. Нѣтъ никакого философскаго основанія различать лучи видимые и невидимые. Разница—только въ быстротѣ колебаній,—въ ихъ высотѣ, если воспользоваться аналогіей со звукомъ. Выраженія: „тепловые“, „свѣтовые“ и „химическіе“ лучи способны вводить въ заблужденіе. Всѣ волны солнечнаго излученія заключаютъ въ себѣ энергію. Стоитъ перенять ихъ, онѣ совершаютъ работу: производятъ теплоту, или химическое дѣйствіе, или зрительное ощущеніе,— смотря по обстоятельствамъ.



161. Эд. **Пикерингъ**.

Мы сравнили количество солнечнаго свѣта съ земными единицами и признали его огромнымъ. Это еще болѣе справедливо для солнечной теплоты. Послѣднюю можно измѣрить гораздо точнѣе: здѣсь нѣтъ зависимости отъ столь неудовлетворительной единицы, какъ свѣча; здѣсь вмѣсто человѣческаго глаза можно подставить вѣсы и термометръ.

Переймемъ лучъ солнечнаго свѣта извѣстныхъ измѣреній и заставимъ его уступить лучистую энергію взвѣшенной массѣ воды или другого вещества. Измѣримъ съ возможною точностью, насколько за данное время повысилась температура. По этимъ даннымъ можно вычислить полное количество теплоты, отданной солнцемъ въ минуту или въ день.

Пулье и сэръ Джонъ Гершель, какъ кажется, первые ясно поняли эту задачу и изслѣдовали предметъ раціональнымъ образомъ.

Опыты Гершеля были сдѣланы въ 1838 году на Мысѣ Доброй Надежды, гдѣ онъ занимался въ то время астрономическими работами. Онъ поступалъ слѣдующимъ образомъ. Небольшой жестяной сосудъ, содержащій около $^1/_2$ пинты (0,28 литра) воды, тщательно взвѣшенной, былъ помѣщенъ на легкой деревянной подставкѣ. Онъ касался ея только въ трехъ точкахъ. Сосудъ былъ вставленъ внутри жестяного цилиндра значительно большихъ размѣровъ. Этотъ наружный цилиндръ имѣлъ двойную крышку съ отверстіемъ въ ней. Крышка была достаточной величины, чтобы покрывать своею тѣнью бока сосуда; діаметръ отверстія былъ немного меньше 3 дюймовъ. Чувствительный термометръ былъ погруженъ въ воду съ чѣмъ-то въ родѣ мѣшалки изъ слюды; воду приводили въ движеніе, чтобы поддерживать во всей массѣ равномѣрную температуру. Приборъ былъ такъ помѣщенъ и установленъ, что все количество свѣта и теплоты, проходящее чрезъ отверстіе въ крышкѣ, падало на поверхность воды. Солнце въ то время (31 декабря) стояло въ полдень въ 12° отъ зенита.

Этотъ приборъ былъ выставленъ на солнечный свѣтъ. Его оставили на 10 минутъ, защитивъ зонтикомъ. Замѣтили легкое повышеніе температуры воды. Затѣмъ зонтъ отняли. Солнечные лучи падали теперь на поверхность воды въ теченіе того-же самаго времени. Температура повысилась гораздо больше. Наконецъ, приборъ опять былъ закрытъ зонтикомъ, и опять наблюдалось измѣненіе температуры въ теченіе десяти минутъ. Среднее между эффектами въ первыя и послѣднія десять минутъ времени можно было принять за мѣру вліянія иныхъ причинъ, кромѣ солнца. Вычитая эту величину изъ повышенія температуры въ теченіе 10-минутной инсоляціи, мы получимъ дѣйствіе одной только инсоляціи.

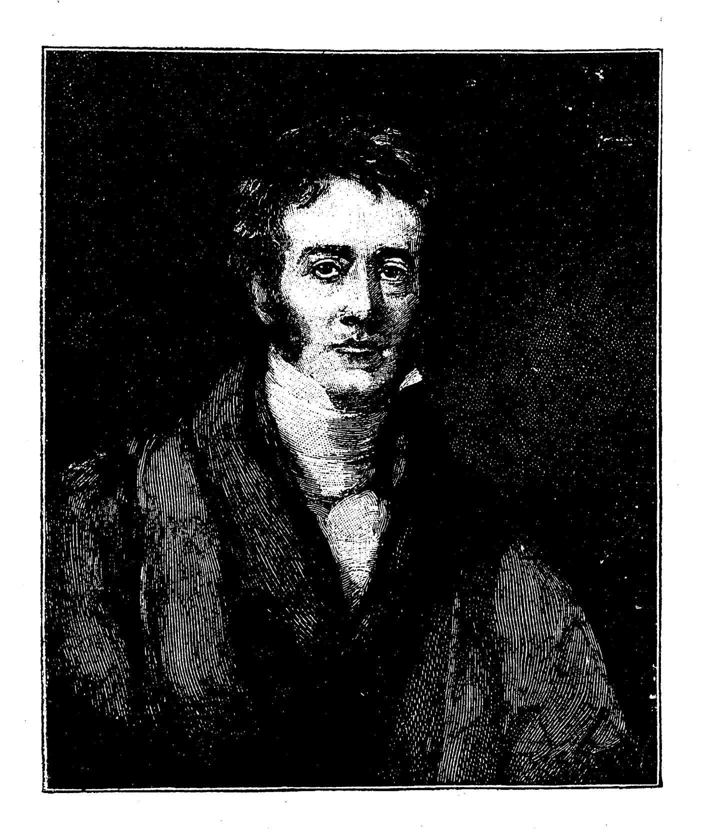
Вотъ числа, выведенныя Гершелемъ изъ перваго опыта:

Повышеніе температуры въ первыя 10 минутъ	0°,25
„ „ „ вторыя 10 минутъ (солнце)	3°,90
„ „ „ третьи 10 минутъ	0°,10

Среднее между первымъ и третьимъ числами — 0°,17; вычитая это число изъ второго, получимъ 3°,73. Таково повышеніе температуры, которое произвелъ солнечный лучъ 3 дюймовъ въ діаметрѣ, поглощенный массой вещества эквивалентной 4 638 гранамъ или 300,5 граммамъ воды (не будемъ выяснять мелкихъ подробностей опыта: какъ былъ принятъ въ разсчетъ вѣсъ жестяного сосуда, термометра, мѣшалки и пр). Теперь мы располагаемъ всѣми данными, чтобы вычислить, какъ много теплоты получаетъ земля въ день или въ годъ. Правда, необходимо еще опредѣлить поправку на поглощеніе теплоты земною атмосферой; трудности опредѣленія велики, а результатъ болѣе или менѣе сомнителенъ. Поправка выводится изъ наблюденій, произведенныхъ при различныхъ высотахъ солнца надъ горизонтомъ.

Выражая свои результаты, Гершель отмѣчалъ количество тающаго льда. Его выводъ слѣдующій: количество теплоты, получаемое земною поверхностью, когда солнце въ зенитѣ, должно расплавить слой льда толщиною въ дюймъ приблизительно въ 2 часа 13 минутъ.

Излученіе солнца, по всей вѣроятности, одинаково по всѣмъ направленіямъ. Что-же слѣдуетъ отсюда? Если-бъ солнце было окружено слоемъ льда толщиной въ одинъ дюймъ и діаметромъ въ 299 милліоновъ километровъ, его лучи расплавили бы



162. **Джонъ Гершель.**

весь этотъ ледъ въ тотъ-же промежутокъ времени. Допустимъ, что этотъ слой уменьшился въ діаметрѣ, хотя количество льда осталось неизмѣннымъ; толщина слоя теперь больше; всетаки онъ растаетъ въ то-же самое время. Пусть сокращеніе діаметра продолжается, пока внутренняя поверхность слоя не коснется фотосферы; толщина ледяной оболочки, достигла-бы тогда 1,6 километра слишкомъ. Всетаки жаръ солнца растопилъ бы оболочку въ тѣ же 2 часа 13 минутъ. По опредѣленіямъ Гершеля, въ каждую минуту толщина слоя уменьшалась-бы больше, чѣмъ на 40 футовъ. Превратимъ, продолжаетъ Гершель, этотъ ледъ въ стержень въ 73 километра въ діа-

метрѣ; бросимъ его къ солнцу со скоростью свѣта; сосредоточимъ какимъ-нибудь способомъ всю теплоту солнца на переднемъ концѣ стержня;—этотъ конецъ таялъ-бы, только-только приблизившись къ солнцу. Еще одно поясненіе. Представимъ, что отъ земли до солнца тянется сплошной столбъ льда приблизительно 4 километра діаметромъ; это былъ-бы ледяной мостъ, перекинутый черезъ невообразимую бездну въ 150 милліоновъ километровъ. Если-бъ сосредоточить на этомъ столбѣ всю теплоту солнца, онъ распался-бы и растаялъ-бы не въ часъ, не въ минуту, но въ одну единственную секунду: одно качаніе маятника, — и онъ превратился бы въ воду; еще семь качаній,—и онъ разсѣялся бы въ паръ.

Формулируя послѣдній примѣръ, мы пользовались не числами Гершеля, а числами, вытекающими изъ позднѣйшихъ наблюденій. Согласно съ ними, излученіе солнца почти на 50% больше, чѣмъ представлялъ Гершель. Толщина ледяной коры, которую солнце растопило-бы на своей собственной поверхности въ одну минуту, будетъ поэтому ближе къ 60 футамъ, чѣмъ къ 40.

Чтобы представить вещи болѣе техническимъ образомъ, выразимъ ихъ въ новыхъ научныхъ единицахъ: излученіе солнца болѣе 1 200 000 калорій въ минуту и на каждый квадратный метръ его поверхности. Калорія [1]) или единица теплоты это—такое количество теплоты, которое повышаетъ температуру килограмма воды на одинъ градусъ Цельсія.

Легкой выкладки достаточно для дальнѣйшаго вывода: чтобы произвести это количество теплоты посредствомъ горѣнія, нужно было-бы ежечасно сжигать слой антрацитоваго угля, имѣющій болѣе 19 футовъ (6 метровъ) толщины и покрывающій всю поверхность солнца; на каждый квадратный футъ поверхности сгорало-бы въ часъ 914 килограммовъ, — по меньшей мѣрѣ, въ 9 разъ больше, чѣмъ расходуется въ самой мощной доменной печи, какая только извѣстна въ промышленности. Это равносильно непрерывному развитію около 12 000 лошадиныхъ силъ на каждый квадратный футъ всей солнечной поверхности. Какъ показалъ сэръ Вильямъ Томсонъ, если-бы солнце состояло изъ твердаго угля и производило теплоту чрезъ горѣніе, оно сгорѣло-бы менѣе, чѣмъ въ 5 000 лѣтъ.

Изъ громаднаго количества излучаемой теплоты земля получаетъ, конечно, только малую часть: около $\frac{1}{2\,200\,000\,000}$. Но даже этого достаточно, чтобы ежегодно расплавлять на земномъ экваторѣ слой льда болѣе 132 футовъ толщины. Выразимъ данную величину чрезъ „мощность“: окажется, что это количество теплоты могло-бы для каждаго квадратнаго фута поверхности поднять болѣе 73 000 килограммовъ на высоту 1,6 километра. Если взять всю поверхность земли, средняя энергія, получаемая отъ солнца каждымъ квадратнымъ футомъ, доходитъ до 100 милліоновъ килограммометровъ въ годъ; это равносильно одной лошадиной силѣ [2]), непрерывно дѣйствующей, на каждые 25 квадратныхъ футовъ земной поверхности. Большая часть этой энергіи, конечно, тратится на поддержаніе земной температуры. Но незначительная

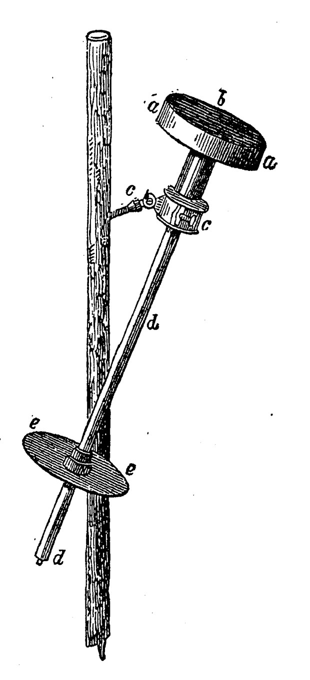
---

[1]) Это—„большая калорія“. Для многихъ научныхъ цѣлей удобнѣе „малая калорія“. Она въ тысячу разъ меньше: это—количество теплоты, которое повыситъ температуру одного грамма воды на одинъ градусъ Цельсія.

[2]) Лошадиная сила = 75 килограммометрамъ = 736.10^7 эргамъ въ секунду.

часть, можетъ быть, $^1/_{1000}$, какъ полагаетъ Гельмгольцъ, собирается животными и растеніями и доставляетъ обильный запасъ мощности для всей человѣческой расы *).

Что-же дѣлается съ тою частью солнечной теплоты, которая не доходитъ до планетъ и теряется въ пространствѣ? На этотъ вопросъ нельзя дать никакого опредѣленнаго отвѣта. Вспомнимъ, впрочемъ, что пространство наполнено уединенными матеріальными частицами (которыя отъ времени до времени встрѣчаются намъ, какъ падающія звѣзды); можно допустить, что ближе или дальше на своемъ пути каждый солнечный лучъ, навѣрное, достигаетъ мѣста покоя. Нѣкоторые предполагали, что солнце посылаетъ теплоту только планетамъ; что дѣйствіе лучистой теплоты, подобно дѣйствію тяготѣнія, происходитъ только между массами. Этого до сихъ поръ не удалось доказать путемъ научнаго изслѣдованія. Лучистая энергія нагрѣтаго шара оказалась одинаковою по всѣмъ направленіямъ и вполнѣ независимою отъ тѣлъ, которыя получаютъ ее; нѣтъ ни малѣйшаго основанія предполагать, что солнце въ этомъ отношеніи отличается отъ любой раскаленной массы.



163. **Пиргеліометръ Пулье.**

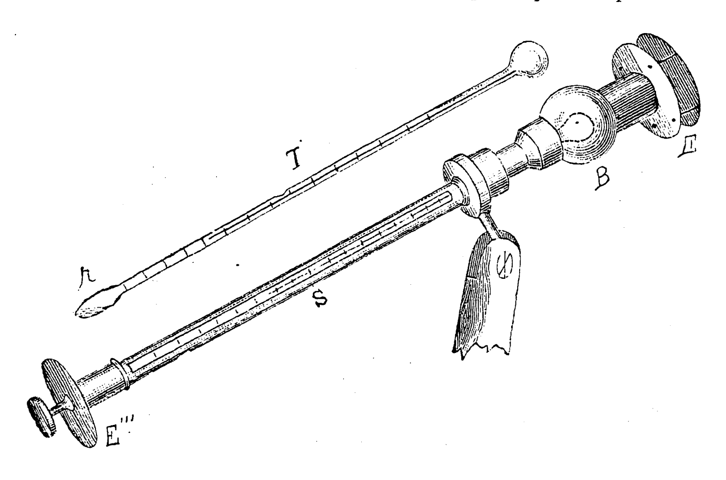
Одновременно съ Гершелемъ производилъ свои опыты Пулье. Основаніе опытовъ—то-же самое, но приборъ иной. Пулье назвалъ свой инструментъ „пиргеліометромъ", т. е., „измѣрителемъ солнечнаго огня". Онъ изображенъ на рисункѣ 163; изъ посеребренной мѣди сдѣланъ небольшой сосудъ *aba*, нѣсколько похожій на табакерку; верхняя сторона его вычернена. Въ сосудѣ—взвѣшенное количество воды, въ которую погруженъ термометръ; ртуть его трубки видна въ *d*. Дискъ *ee* облегчаетъ установку инструмента перпендикулярно къ лучамъ солнца: нужно поставить инструментъ такъ, чтобы тѣнь отъ *aba* падала какъ разъ на дискъ *ee*. Кнопка у нижняго конца служитъ для размѣшиванія воды въ сосудѣ *aba*, для чего весь приборъ вращается на оси въ шейкѣ *cc*.

---

*) Многіе экспериментаторы придумали машины съ цѣлью пользоваться солнечною теплотой, какъ источникомъ механической энергіи. Между ними наибольшій успѣхъ имѣли Мушо и Эриксонъ. Пиффре описываетъ нѣкоторые результаты, получаемые съ помощью машины конструкціи Мушо. Онъ заявляетъ, что эта машина утилизируетъ болѣе 70% теплоты, которая падаетъ на зеркала инструмента,—немножко больше 12 калорій на квадратный метръ. Конечно, мы не хотимъ сказать, что этотъ процентъ является механическою мощностью въ машинѣ: мы говоримъ только о паровикѣ. Поверхность зеркала равнялась почти 100 квадратнымъ футамъ; машина не давала полной лошадиной силы. Еще дѣятельнѣе и мощнѣе была машина Эриксона. Она была выставлена въ American Institute Fairs въ Нью-Іоркѣ въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ около 1886 года. Съ ея помощью легко приводили въ движеніе машину въ $2^1/_2$ лошадиныхъ силы. Вполнѣ правдоподобно, что такія машины окажутся практически полезными въ странахъ, гдѣ въ извѣстныя времена года можно разсчитывать на солнечный свѣтъ, напримѣръ, въ Египтѣ и Калифорніи.

Этотъ инструментъ значительно удобнѣе прибора Гершеля; но чтобы достигнуть той-же точности, необходимо соблюдать всѣ предосторожности и защитить его отъ теченій воздуха.

Крова видоизмѣнилъ этотъ приборъ, наполнивъ верхній сосудъ ртутью. Для относительныхъ измѣреній, напримѣръ, для сравненія количествъ теплоты, полученныхъ отъ солнца въ разные часы, Крова употребляетъ инструментъ, нѣсколько отличный. Онъ изображенъ на рисункѣ 164. Крайне чувствительный спиртовой термометръ, отдѣльно представленный въ T, съ большимъ шарикомъ, тщательно вычерненнымъ, вставленъ въ шаръ съ двойною стѣнкой B, никелированный снаружи. Въ стѣнкахъ шара есть отверстіе, въ точности совпадающее съ такимъ-же отверстіемъ въ двойномъ экранѣ E; лучъ свѣта падаетъ чрезъ него на шарикъ термометра; діаметръ луча составляетъ около $^2/_3$ діаметра шарика. При нижнемъ концѣ



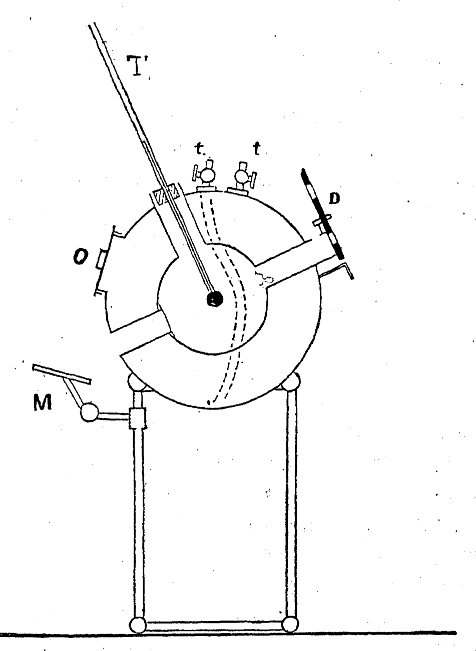
164. **Пиргеліометръ Крова.**

термометра имѣется дополнительный резервуаръ *r*; вслѣдствіе этого, конецъ указательнаго столбика можетъ падать близъ средины шкалы при какой-нибудь температурѣ; такимъ образомъ, измѣряются только измѣненія температуры, а не абсолютныя температуры. Шарикъ и трубки были такъ подобраны, что длина градуса шкалы доходила почти до $^1/_2$ дюйма; этимъ достигалась большая точность отсчета. Впрочемъ, чтобы опредѣлить, сколько именно теплоты требуется для повышенія термометра этого инструмента на 1°, необходимо сравнить его съ однимъ изъ нормальныхъ инструментовъ, выставляя его на солнце въ то же самое время.

Этимъ путемъ мы опредѣляемъ собственно скорость, съ какою солнечный лучъ данныхъ размѣровъ сообщаетъ теплоту измѣренной массѣ вещества. Способъ извѣстенъ подъ именемъ динамическаго. Его неудобство въ томъ, что требуется много времени и большое число отсчетовъ.

Есть еще способъ для полученія тѣхъ же результатовъ; имъ пользовались Уотерстонъ, Эриксонъ, Секки, Віолль и другіе. Его можно назвать статическимъ. Онъ состоитъ, по существу, въ наблюденіи, насколько солнце повыситъ

температуру тѣла, подвергнутаго дѣйствію его лучей, сравнительно съ температурой оболочки, въ которой заключено оно. Температура оболочки остается неизмѣнной; этого достигаютъ циркуляціей воды или другимъ способомъ. Инструменты, основанные на этомъ началѣ, называются **актинометрами**. Самый совершенный изъ нихъ принадлежитъ, вѣроятно, Віоллю; онъ описанъ въ статьѣ о средней температурѣ солнечной поверхности, напечатанной въ „Annales de Chimie“ за 1877 годъ. Мы даемъ діаграмму этого инструмента. Онъ состоитъ изъ двухъ концентрическихъ шаровъ тонкаго металла; наружный шаръ—23 сантиметровъ въ діаметрѣ, внутренній — 15 сантиметровъ. Наружный шаръ отполированъ со внѣшней стороны; внутренній вычерненъ внутри.



165. **Актинометръ Віолля.**

Промежутокъ между обоими шарами наполненъ водой. Эту воду поддерживаютъ при однообразной температурѣ, либо смѣшивая съ нею снѣгъ или ледъ, либо устанавливая непрерывное круговое движеніе чрезъ краны tt. Вычерненный шарикъ чувствительнаго термометра T помѣщенъ въ центрѣ внутренняго шара, а трубка термометра выходитъ наружу чрезъ отверстіе, нарочно сдѣланное для этой цѣли. Лучъ солнечнаго свѣта проходитъ чрезъ шары, пользуясь двумя противоположными отверстіями, которыя показаны на рисункѣ 165. Экранъ, просверленный въ D, ограничиваетъ діаметръ солнечнаго луча, такъ что ни одна часть луча не коснется стѣнокъ сосуда, хотя шарикъ термометра цѣликомъ покрытъ лучомъ. Малый экранъ въ M позволяетъ наблюдателю видѣть тѣнь шарика; благодаря этому, можно опредѣлить, такъ-ли направлена труба, чрезъ которую входитъ свѣтъ. Если приборъ установленъ на такъ называемомъ экваторіальномъ штативѣ, подобно телескопу, и снабженъ часовымъ механизмомъ, весь трудъ наблюдателя будетъ состоять просто въ отсчитываніи термометра. Разница между температурой термометра и температурой воды въ окружающей оболочкѣ даетъ необходимыя данныя для вычисленія напряженности солнечнаго излученія во время отсчитыванія: въ самомъ дѣлѣ, теплота, полученная термометромъ отъ солнца и оболочки вмѣстѣ, должна въ точности равняться теплотѣ, излученной шарикомъ термометра обратно къ оболочкѣ, если отверстія приняты въ разсчетъ.

Віолль нашелъ, что при ясномъ небѣ въ полдень термометръ этого прибора, выставленный на солнце, стоялъ отъ 10,°5 до 12,°5 Цельсія выше температуры

оболочки, когда послѣдняя была наполнена ледяною водой. Если она была наполнена кипящею водой, какъ въ нѣкоторыхъ его опытахъ, разница уменьшалась почти на 1° Цельсія.

Результаты, полученные съ инструментами этого типа, весьма близко сходятся съ результатами, добытыми динамическимъ способомъ.

Вмѣсто того, чтобы опредѣлять, сколько льда растаетъ въ минуту отъ даннаго солнечнаго луча, мы можемъ дать число калорій, получаемыхъ въ одну минуту каждымъ квадратнымъ метромъ поверхности, выставленной перпендикулярно къ солнечнымъ лучамъ. Число это, которое можно принять за мѣру солнечнаго излученія, называется „солнечною постоянною". Оно равно 17,6, по оцѣнкѣ Пулье, и—30,0, по оцѣнкѣ Ланглея, самой послѣдней и надежной. Числа другихъ экспериментаторовъ колеблются между этими предѣлами. Форбсъ нашелъ 28,2, Крова—23,2, Віолль—25,4. Въ предыдущихъ изданіяхъ этой книги была принята солнечная постоянная, равная 25. Теперь-же, безъ всякаго сомнѣнія, должно взять результатъ Ланглея, потому что онъ открылъ важную ошибку въ работахъ своихъ предшественниковъ и своими утомительными „болометрическими" наблюденіями (о которыхъ будетъ рѣчь впереди) доставилъ данныя для необходимой поправки.

Вмѣсто того, чтобы опредѣлять солнечную постоянную, какъ 30 большихъ калорій на квадратный метръ въ минуту, нѣкоторые предпочитаютъ опредѣлять ее, какъ 3 малыхъ калоріи на квадратный сантиметръ въ минуту. Это, въ сущности, одно и то же: единица теплоты въ тысячу разъ меньше, и единица поверхности въ десять тысячъ разъ меньше, чѣмъ въ первомъ опредѣленіи. Профессоръ Ланглей предпочитаетъ послѣднюю форму. Тѣ, кто настаиваютъ на выраженіи всѣхъ научныхъ мѣръ въ такъ называемой „C. G. S. системѣ" (системѣ: сантиметръ, граммъ, секунда), даютъ солнечной постоянной величину 0,05 малой калоріи на квадратный сантиметръ въ секунду. Разумѣется, и здѣсь нѣтъ разногласія съ обѣими предыдущими формами.

До сихъ поръ еще неизвѣстно, дѣйствительно ли постоянна эта „солнечная постоянная". По всей вѣроятности, это не такъ: количество теплоты, излучаемой солнцемъ, должно болѣе или менѣе измѣняться въ зависимости отъ перемѣнъ, которыя, какъ намъ извѣстно, происходятъ на солнечной поверхности. Въ то же время нѣтъ никакого повода предполагать, что эти измѣненія весьма велики. Опредѣленіе ихъ дѣйствительной величины, выясненіе законовъ, управляющихъ ими, это — одна изъ самыхъ важныхъ и трудныхъ задачъ солнечной физики, подлежащихъ теперь рѣшенію.

Гораздо труднѣе опредѣлить величину поправокъ на поглощеніе земной атмосферы. Насъ завело бы слишкомъ далеко обсужденіе формулъ и способовъ вычисленій, предложенныхъ для этой цѣли. Конечно, онѣ являются крайне сложными (по крайней мѣрѣ, тѣ, которыя даютъ результаты сносной точности), потому что приходится принимать въ разсчетъ метеорологическія условія, особенно гигрометрическое состояніе воздуха. Кромѣ того, поглощеніе значительно измѣняется для излученій различной высоты: фіолетовые лучи, наиболѣе дѣятельные въ фотографическомъ отношеніи, страдаютъ болѣе зеленыхъ и желтыхъ, которые оказываютъ наибольшее вліяніе на ростъ растеній; эти послѣдніе страдаютъ больше красныхъ; красные, въ свою очередь, поглощаются значительно сильнѣе, чѣмъ лучи низкаго

напряженія, съ медленными колебаніями, которые являются невидимыми, но мощными носителями энергіи.

Можно принять, что на уровнѣ моря въ хорошую погоду, ни исключительно влажную, ни исключительно сухую, поглощается около 30% солнечнаго излученія, когда солнце въ зенитѣ, и, по крайней мѣрѣ, 75%, когда солнце на горизонтѣ. Вообще, изъ лучей, достигающихъ верхней границы атмосферы, отъ 45% до 50% поглощаются воздухомъ, даже когда нѣтъ облаковъ.

Конечно, отсюда не слѣдуетъ, что теплота, поглощенная въ нашей атмосферѣ, потеряна для земли. Далеко нѣтъ: воздухъ самъ нагрѣвается и сообщаетъ свою теплоту землѣ. Такъ какъ атмосфера перенимаетъ большую часть теплоты, которую земля излучила бы въ пространство, если бы не была одѣта атмосферой, температура земли—значительно выше, чѣмъ было бы при отсутствіи воздуха.

Первые изслѣдователи стремились опредѣлить величину поправки на атмосферное поглощеніе вообще, такъ сказать, оптомъ. Это значитъ, они опредѣляли своими опытами все количество теплоты, полученной отъ солнца на различныхъ видимыхъ высотахъ, когда его лучамъ приходилось проникать чрезъ слои воздуха различной толщины. Отсюда они пытались вывести количество теплоты, которое получила бы земля, если бы не было воздуха. При вычисленіяхъ примѣнялась хорошо извѣстная формула; если лучъ свѣта или теплоты однороденъ,—если въ немъ всѣ волны одинаковой длины,—эта формула съ точностью, достаточною для практики, даетъ количество лучей, проникающихъ чрезъ поглощающую среду при опредѣленной толщинѣ; для этого необходимо разъ навсегда опредѣлить процентъ, проникающій чрезъ слой среды, толщина котораго принимается за единицу. Этотъ процентъ называется „коэффиціентомъ прозрачности". Его можно найти, измѣряя количество этого однороднаго свѣта или теплоты, пропущенное чрезъ любые два слоя, значительно отличающіеся по толщинѣ.

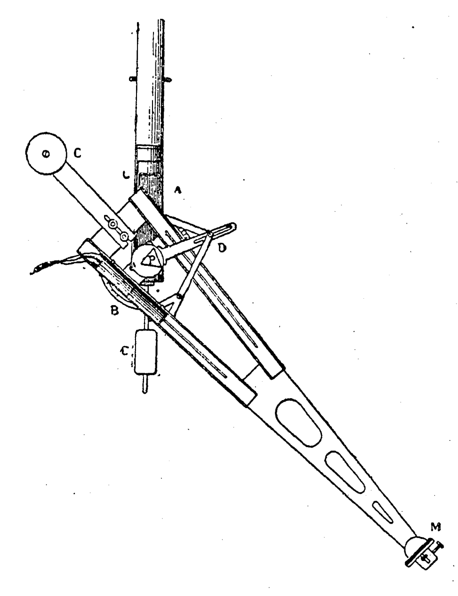
Экспериментаторы прекрасно знали, что лучистая теплота, съ которою они имѣютъ дѣло, не однородна, что она состоитъ изъ лучей, широко различающихся длиной волны. Однако они предположили, что, трактуя предметъ такъ, какъ они сдѣлали, они получатъ родъ средняго коэффиціента прозрачности, на практикѣ близкій къ истинному.

Въ этомъ они сильно ошиблись. Профессоръ Ланглей первый отмѣтилъ ошибку и показалъ, что поправка значительно увеличитъ оцѣнку солнечной постоянной. Онъ же изобрѣлъ приборъ и произвелъ наблюденія, чтобы обнаружить истину. Солнечный лучъ состоитъ изъ множества лучей съ различною длиною волны, распредѣленныхъ вдоль всего спектра, въ невидимыхъ частяхъ такъ-же, какъ въ видимыхъ. Ланглей видѣлъ, что необходимо опредѣлить коэффиціентъ атмосферной прозрачности для каждаго луча отдѣльно, что необходимо затѣмъ опредѣлить долю, вносимую каждымъ лучомъ въ полную величину солнечной энергіи. Для этой цѣли Ланглею пришлось придумать измѣритель теплоты, далеко превосходящій своею чувствительностью всѣ, бывшіе до него въ употребленіи. Съ нимъ онъ изслѣдовалъ спектръ отъ одного конца до другого, на станціяхъ, расположенныхъ близъ уровня моря и на вершинѣ высокой горы (Гора Уитни, 15 000 футовъ высоты).

Новый измѣритель теплоты, который былъ названъ „болометромъ", основанъ на принципѣ, давно извѣстномъ и предварительно примѣненномъ Жаменомъ и другими: электрическое сопротивленіе металла возрастаетъ съ его нагрѣваніемъ. Чув-

ствительный „нервъ“ прибора, если можно такъ выразиться, это—небольшая полоска желѣза или палладія около $^1/_3$ дюйма длины, $^1/_{500}$ дюйма ширины и $^1/_{10000}$ дюйма толщины. Она уравновѣшена такою-же полоской, помѣщенной близъ первой, но защищенной отъ тепловыхъ лучей, подлежащихъ измѣренію.

Двѣ полоски образуютъ такъ называемыя „плеча“ электрическихъ вѣсовъ и соединяются съ чувствительнымъ гальванометромъ; его указатель (свѣтовое пятно) перемѣщается всякій разъ, какъ между полосками есть разница температуры. Инструментъ, съ которымъ Ланглей позднѣе составилъ свою удивительную карту невидимыхъ областей спектра, ясно указываетъ одну милліонную градуса Цельсія.



166. **Спектро-болометръ Ланглея.**

Полоски вставлены въ небольшую трубку изъ твердой резины; онѣ тщательно защищены отъ всѣхъ внѣшнихъ вліяній; но узкая щель на передней сторонѣ „нерва“ свободно пропускаетъ наблюдаемые лучи.

Болометръ употребляется въ связи съ большимъ спектроскопомъ, занимающимъ мѣсто окуляра. Въ этомъ „спектро-болометрѣ“, какъ называетъ эту комбинацію Ланглей, призма, если она употребляется, должна быть изъ каменной соли. Насколько извѣстно, это—единственное вещество, которое свободно пропускаетъ невидимые лучи теплового спектра. Оптическія стекла спектроскопа приготовляются изъ того-же самаго вещества.

Для нѣкоторыхъ цѣлей можно пользоваться диффракціонною рѣшеткой, но обыкновенно ея спектръ слишкомъ слабъ.

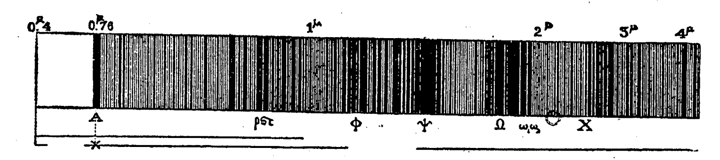
Свѣтъ поступаетъ въ щель коллиматора чрезъ зеркало; когда повернемъ рѣшетку или призму, спектръ проходитъ чрезъ щель болометра; тогда „указатель“ гальванометра отмѣчаетъ своимъ движеніемъ послѣдовательное прохожденіе яркихъ и темныхъ промежутковъ.

Рисунокъ 166 представляетъ одну изъ формъ инструмента. Лучи приходятъ чрезъ оптическое стекло L, проходятъ чрезъ призму P, падаютъ на зеркало M и отражаются къ B, къ болометру, отъ котораго идутъ проволоки къ гальванометру и къ баттареѣ, доставляющей токъ.

До самаго послѣдняго времени отсчитываніе гальванометра производилось глазомъ и записи—рукой. Это—крайне скучное занятіе. Но очень недавно приборъ сдѣланъ автоматическимъ (самопишущимъ). Указатель гальванометра (свѣтовое пятно) падаетъ на чувствительную пластинку, движущуюся въ точномъ согласіи съ движеніемъ призмы или рѣшетки. Въ результатѣ на проявленной пластинкѣ получается неправильная кривая; темныя линіи спектра представлены на ней выемками.

Такимъ путемъ работа, которая при старыхъ методахъ отняла бы мѣсяцы, можетъ быть сдѣлана всего въ полдня. Съ помощью простого процесса, тоже автоматическаго, кривую можно превратить въ снимокъ спектра, показывающій темныя линіи и другія характеристики совершенно такъ же, какъ дѣлаетъ фотографія.

Въ 1894 году Ланглей издалъ карту невидимаго спектра, которую мы даемъ на рисункѣ 167. Читатель замѣтитъ, какъ коротка видимая часть спектра въ сравненіи съ длиннымъ рядомъ лучей большей длины волны. Впрочемъ, величина энергіи, содержащаяся въ части спектра направо отъ цифры 3, крайне мала, хотя остается чувствительной даже для точки, лежащей далеко за предѣломъ рисунка. Нѣкоторыя изъ главныхъ особенностей верхней части этого невидимаго спектра, кончая точкой X на картѣ, до извѣстной степени были обнаружены еще первыми изслѣдователями, особенно Беккерелемъ, Ламанскимъ и Абни. Послѣднему удалось даже сфотографировать часть невидимаго спектра. Но Ланглей первый далъ намъ то, что можно на-



167. **Инфра-красный спектръ.**
По Ланглею.

звать картой. Здѣсь трудно хорошо воспроизвести его карту большого масштаба. Но нѣкоторыя ея части по точности и обилію подробностей можно смѣло сопоставить съ Кирхгофовою картой видимаго спектра. Опыты съ термоэлектрическою баттареей показываютъ, что теплота, излучаемая солнечнымъ дискомъ, подобно свѣту, значительно измѣняется отъ центра къ краямъ. Первыя наблюденія этого рода были сдѣланы профессоромъ Генри въ Принстонѣ въ 1845 году; съ тѣхъ поръ они были повторены многими другими, въ особенности Секки и Ланглеемъ. Согласно съ Ланглеемъ, теплота, испускаемая точкой въ 20″ отъ края, вдвое меньше теплоты, излучаемой такой-же поверхностью въ центрѣ диска.

Разстояніе отъ центра. Радіусъ = 1,00.	Тепловое излученіе.		
	Ланглей	Фростъ	Уильсонъ
0,00	100	100,0	100,0
0,10	...	99,9	99,8
0,20	...	99,4	99,5
0,25	99	...	99,3
0,30	...	98,4	98,9
0,40	...	98,0	97,2
0,50	95	93,6	95,3
0,60	...	89,8	92,2
0,70	..	84,6	87,8
0,75	[illegible]	...	85,3
0,80	...	77,9	82,5
0,90	...	68,0	72,0
0,95	62	...	61,3
0,98	50	...	51,5
1,00	...	(39)	42,9

Въ недавнее время Фростъ въ Потсдамѣ и Уильсонъ въ Дарамонѣ изслѣдовали предметъ нѣсколько полнѣе. Въ предыдущей таблицѣ мы приводимъ результаты этихъ ученыхъ вмѣстѣ съ результатами Ланглея. Сравнимъ эту таблицу съ таблицей, помѣщенной на страницѣ 200 и дающей измѣненіе свѣта отъ центра ко краю солнечнаго диска. Сразу выяснится выводъ, впервые указанный Ланглеемъ въ 1875 году: поглощеніе является до извѣстной степени избирательнымъ; короткія волны солнечнаго излученія страдаютъ больше, чѣмъ длинныя. Кромѣ того, въ 1852 году Секки нашелъ (или думалъ, что нашелъ) замѣтную разницу между излученіемъ солнечнаго экватора и излученіемъ высшихъ широтъ: если сопоставить экваторіальную область и 30-й градусъ широты, разница въ излученіи составляетъ, по крайней мѣрѣ, $^1/_{16}$. Онъ нашелъ тоже, что сѣверное полушаріе немного теплѣе южнаго. Позднѣйшіе изслѣдователи (особенно Ланглей) не могли найти въ этомъ отношеніи ни малѣйшей разницы. Въ общемъ, кажется вѣроятнымъ, что Секки ошибся; но это еще не доказано: было-бы рискованно утверждать, что настоящее состояніе солнечной поверхности не могло измѣниться между 1852 и 1876 годами.

Интересны соображенія, высказанныя Ланглеемъ по поводу поглощенія солнечной атмосферы. Показавъ, что измѣненія въ числѣ и величинѣ солнечныхъ пятенъ не могутъ оказать замѣтнаго **прямого** вліянія на земныя температуры, онъ обращаетъ вниманіе на тотъ фактъ, что даже слабыя измѣненія въ глубинѣ и плотности поглощающаго слоя на солнцѣ, произвели-бы значительную разницу. Онъ поднимаетъ вопросъ: нельзя ли объяснить этимъ путемъ ледяной и каменноугольный періодъ земной исторіи. Конечно, разъ оболочка, окружающая солнце, удалена, его излученіе должно почти удвоиться; возможно, что оно увеличится еще въ большей степени; если-же оболочка сдѣлается значительно толще, запасъ теплоты на землѣ настолько уменьшится, что у насъ воцарится постоянная зима.

До сихъ поръ нашихъ средствъ наблюденія недостаточно, чтобы съ увѣренностью открыть какія либо измѣненія въ количествѣ теплоты, испускаемой солнцемъ въ различное время. Что такія измѣненія существуютъ, это почти достовѣрно: въ самомъ дѣлѣ, ядра солнечныхъ пятенъ излучаютъ много меньше теплоты и свѣта, чѣмъ сосѣднія области солнечной поверхности, особенно-же факелы. Это было опредѣлено непосредственно съ помощью термоэлектрической баттареи.

Въ послѣдніе годы Онгстремъ младшій придумалъ и построилъ весьма остроумные инструменты, чтобы автоматически записывать напряженность солнечнаго излученія въ теченіе цѣлаго дня и суммировать все его количество. Если на какой-нибудь подходящей станціи вести такія наблюденія каждый ясный день въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ и тщательно обработать данныя, этотъ способъ долженъ привести къ интереснымъ выводамъ относительно тепловой дѣятельности солнца. Однако затрудненія, зависящія отъ непрерывныхъ измѣненій въ метеорологическихъ условіяхъ, громадны. Измѣненія, которыя дѣйствительно совершаются на солнцѣ, оказываются совершенно скрытыми, благодаря измѣненіямъ, возникающимъ въ нашей собственной атмосферѣ.

Какъ было сказано въ главѣ о солнечныхъ пятнахъ, мы до сихъ поръ совершенно не знаемъ, какъ измѣняется солнечное излученіе во время максимума солнечныхъ пятенъ: слабѣе оно, или сильнѣе.

Относительно температуры солнца было множество горячихъ споровъ. Что вопросъ весьма труденъ, это ясно изъ крупнаго разногласія между оцѣнками наиболѣе авторитетныхъ ученыхъ. Такъ, Секки первоначально приписывалъ солнцу температуру около 10 000 000° Цельсія; впослѣдствіи онъ понизилъ свою оцѣнку почти до 140 000°. Эриксонъ даетъ 2 200 000° или 2 900 000° Цельсія. Целльнеръ, Шпереръ и Лэнъ называютъ температуры отъ 28 000° до 55 000°, между тѣмъ какъ опредѣленія Пулье, Викера и Девиля приходятся между 1 600° и 5 500° Цельсія.

Трудность двоякая. Прежде всего, нельзя собственно сказать, что солнце имѣетъ такую то температуру, какъ нельзя говорить, что земная атмосфера имѣетъ такую то температуру. Температура различныхъ частей солнечной оболочки должна сильно мѣняться, смотря по тому, опускаемся мы ниже поверхности или поднимаемся надъ нею. Возможно, что температуры хромосферы и фотосферы различаются на цѣлыя тысячи градусовъ, что такъ-же велика разница между температурой фотосферы и температурой слоевъ, лежащихъ подъ нею.

Возможно, впрочемъ, до извѣстной степени избѣгнуть этого затрудненія. Нужно изслѣдовать эффективную температуру. Что это значитъ? Вмѣсто того, чтобы искать истинную температуру различныхъ частей солнечной поверхности, мы можемъ поставить вопросъ иначе: представимъ однообразную поверхность такой-же величины, какъ солнечная; припишемъ ей нормальную способность лучеиспусканія (такой нормой признается, вообще, лучеиспусканіе поверхности, покрытой ламповой копотью); спрашивается, какой температурой должна обладать такая поверхность, чтобы испускать столько теплоты и свѣта, сколько дѣйствительно испускаетъ солнце? При такой постановкѣ вопроса передъ нами совершенно опредѣленная задача. Но задача остается всетаки крайне трудною; до сихъ поръ она не получила никакого вполнѣ удовлетворительнаго рѣшенія. Трудность лежитъ въ нашемъ незнаніи законовъ, связывающихъ температуру поверхности съ количествомъ излучаемой въ секунду теплоты. Пока температура излучающаго тѣла не станетъ значительно выше температуры окружающаго пространства, количество испускаемой теплоты почти пропорціонально избытку температуры. Крайне высокія значенія солнечной температуры, поддерживаемыя Секки и Эриксономъ, основаны на допущеніи этого закона пропорціональности между излучаемою теплотою и температурой излучающей массы. Прямые опыты доказываютъ, что этотъ законъ становится невѣрнымъ, какъ только температура немного повысится. Въ дѣйствительности, количество излучаемой теплоты возростаетъ значительно быстрѣе, чѣмъ температура.

Болѣе 50 лѣтъ тому назадъ французскіе физики Дюлонъ и Пти изъ ряда тщательныхъ опытовъ вывели эмпирическую формулу, которая довольно удовлетворительно соотвѣтствуетъ температурамъ до темно-краснаго каленія. Прилагая эту формулу, Пулье, Викеръ и другіе получили для солнца низкую температуру. Очевидно, что это—пріемъ ненадежный: прилагать чисто эмпирическую формулу къ обстоятельствамъ, столь отличнымъ отъ тѣхъ, при которыхъ формула выведена.

Дѣйствительно, чрезъ нѣсколько лѣтъ многіе экспериментаторы, въ особенности Розетти, показали, что формула эта нуждается въ измѣненіи даже при изслѣдованіи искусственныхъ температуръ,—напримѣръ, температуры электрической

дуги. Изъ своихъ наблюденій Розетти вывелъ законъ излученія, не подходящій подъ эту формулу. Приложивъ его, Розетти нашелъ, что эффективная температура солнца равна 10 000° Цельсія. Если взвѣсить всѣ обстоятельства, результатъ Розетти кажется автору болѣе правдоподобнымъ и лучше обоснованнымъ, чѣмъ прежнія опредѣленія. По мнѣнію Розетти, онъ довольно близокъ къ истинной температурѣ верхнихъ слоевъ фотосферы. Способность къ лучеиспусканію у фотосферныхъ облаковъ едва ли такъ велика, какъ у копоти; но, съ другой стороны, ихъ излученіе дополняется излученіемъ другихъ слоевъ, лежащихъ выше или ниже.

Еще недавно (въ 1892 году) Лешателье вывелъ, что эффективная температура солнца равна 7 600° Цельсія. Онъ изучалъ напряженность извѣстныхъ красныхъ лучей солнца, сравнивая ее съ напряженностью тѣхъ-же лучей при излученіи нѣкоторыхъ тѣлъ, нагрѣтыхъ до самосвѣченія.

Еще позднѣе Уильсонъ и Грей произвели крайне тщательное изслѣдованіе, которое, кажется, имѣетъ наибольшія права на предпочтеніе, и получили результатъ: 8 000° Цельсія *). Ихъ приборъ и способъ отличались отъ всѣхъ, употреблявшихся ранѣе. Опредѣляя величину излученія, они пользовались „радіо-микрометромъ“ Бойса. Въ немъ соединены термоэлектрическая батарея и гальванометръ. Своею чувствительностью онъ превосходитъ, можетъ быть, даже „болометръ“ Ланглея. Для опредѣленія температуръ при измѣреніяхъ излученія они употребляли мельдометръ Джоли въ измѣненной формѣ. Въ мельдометрѣ Джоли платиновая полоска нагрѣвается до желаемой температуры, близкой къ точкѣ плавленія, посредствомъ тока отъ аккумуляторовъ или динамо-машины. Приборъ этотъ утилизируетъ изобрѣтенія и средства новѣйшей научной техники и былъ-бы невозможенъ лѣтъ двѣнадцать тому назадъ.

Слѣдуетъ замѣтить, что наблюденія Уильсона и Грея опровергаютъ законъ излученія Дюлона и Пти и повидимому подтверждаютъ простѣйшій законъ, предложенный Стефаномъ въ Вѣнѣ и теоретически выведенный Больтцманомъ, какъ слѣдствіе электро-магнитной теоріи свѣта. Формула проста:

$$R = a \times T^4,$$

гдѣ R—напряженность излученія въ единицахъ энергіи, a—постоянный коэффиціентъ, зависящій отъ природы тѣла и употребляемыхъ единицъ энергіи и температуры; T—температура тѣла отъ абсолютнаго нуля: она равна температурѣ по Цельсію плюсъ 273°.

Если-бы эффективная температура солнца удвоилась, количество теплоты на землѣ возросло-бы въ 16 разъ; если-бъ температура увеличилась въ 10 разъ, количество теплоты на землѣ было бы больше въ 10 000 разъ.

Шейнеръ въ Потсдамѣ показалъ спектроскопически, что температура обращающаго слоя солнца, почти навѣрное, лежитъ между температурой электрической дуги и гораздо болѣе высокой температурой искры лейденской банки. Въ спектрѣ магнія существуютъ двѣ линіи у λ 4 482 и λ 4 352, представляющія поразитель-

*) Предполагалось, что высшія изъ искусственныхъ температуръ не доходили до 2 500° Цельсія. Возможно, что въ настоящее время въ нѣкоторыхъ электрическихъ горнахъ получается температура еще выше.

ный контрастъ. Первая линія является напряженной въ спектрѣ искры, но едва видима въ спектрѣ дуги; линія 4 352—наоборотъ. Шейнеръ показываетъ, что это различіе зависитъ отъ температуры. Въ солнечномъ спектрѣ линія 4 352 замѣтна въ видѣ темной черты; другой линіи недостаетъ. Отсюда выводъ: паръ магнія въ обращающемъ слоѣ обладаетъ почти такой же температурой, какъ электрическая дуга; фотосфера-же, лежащая ниже, конечно, еще горячѣе.

Кромѣ данныхъ относительно напряженности солнечной температуры, добытыхъ указанными выше методами, у насъ есть прямое свидѣтельство весьма убѣдительнаго свойства. Если собрать тепловые лучи съ помощью зажигательнаго стекла, температура, которая получится въ фокусѣ, не можетъ быть выше температуры источника теплоты. Дѣйствіе линзы заключается просто въ томъ, что она приближаетъ къ солнцу предметъ, помѣщенный въ фокусѣ. Пренебрежемъ потерей теплоты при прохожденіи чрезъ стекло;—температура въ фокусѣ будетъ одинакова съ температурой точки, помѣщенной на такомъ разстояніи отъ солнца, на которомъ солнечный дискъ кажется той-же величины, какъ самая линза, если смотрѣть на нее изъ ея-же фокуса.



168. **Секки**.

Самая сильная линза, какая до сихъ поръ построена, приближаетъ предметъ, помѣщенный въ ея фокусѣ, на разстояніе почти 400 000 километровъ отъ солнечной поверхности. Въ этомъ фокусѣ самыя тугоплавкія вещества, платина, огнеупорная глина, даже алмазъ, либо мгновенно плавятся, либо испаряются. Не можетъ быть никакого сомнѣнія, что, если бы солнце было такъ близко къ намъ, какъ луна, твердая земля расплавилась бы, какъ воскъ.

Нѣсколькими страницами выше мы говорили объ опытахъ профессора Ланглея. Онъ сравнивалъ блескъ солнечной поверхности съ блескомъ металла въ Бессемеровомъ конверторѣ. Въ то же самое время Ланглей, посредствомъ термоэлектрической батареи произвелъ измѣренія теплоты и нашелъ, что тепловое излученіе солнечной поверхности напряженнѣе излученія поверхности расплавленнаго металла болѣе, чѣмъ въ 87 разъ. Должно помнить, что опытъ этотъ даетъ только низшій предѣлъ солнечнаго излученія. Если-бы всѣ необходимыя поправки были опре-

дѣлены и приложены, отношеніе, вѣроятно, возросло бы отъ 87, по меньшей мѣрѣ, до 100 и, пожалуй, даже до 150.

Эриксонъ въ 1872 году произвелъ сравненіе, до извѣстной степени сходное. Онъ крайне остроумно воспользовался инымъ пріемомъ. Онъ взялъ калориметръ, содержавшій около 10 фунтовъ воды, и пустилъ его плавать на поверхности большой массы расплавленнаго желѣза. Калориметръ былъ помѣщенъ на плотѣ изъ огнеупорнаго кирпича. Калориметръ слегка возвышался надъ поверхностью; соотвѣтствующій механизмъ приводилъ въ движеніе его воду. Эриксонъ нашелъ, что излученіе металла было немного выше 250 калорій въ минуту для каждаго квадратнаго фута поверхности. Это равносильно 2 790 калоріямъ на квадратный метръ и составляетъ только $^{1}/_{400}$ солнечнаго излученія. Эриксонъ оцѣнилъ температуру металла въ 1 538° Цельсія. Профессоръ Ланглей въ своемъ опытѣ оцѣнилъ температуру Бессемерова металла много выше:—выше температуры плавленія платины, которую обыкновенно принимаютъ около 2 000° Цельсія. Онъ основываетъ это заключеніе на томъ фактѣ, что платиновая проволока, натянутая надъ устьемъ конвертора или погруженная въ выходящій потокъ, плавилась немедленно. Но такъ какъ желѣзо и его паръ дѣйствуютъ на платину почти такъ же, какъ ртуть и ея паръ дѣйствуютъ на золото, можно сомнѣваться въ правильности оцѣнки Ланглея.

Тѣ же самые выводы касательно напряженности солнечной температуры сдѣланы Соре и другими: они изслѣдовали способность солнечныхъ лучей къ прониканію; они сравнили ихъ съ искусственными источниками теплоты, опредѣляя количество лучей съ различной длиной волны въ цѣломъ излученіи. Тѣло низкой температуры испускаетъ огромное число медленныхъ невидимыхъ колебаній; съ повышеніемъ температуры болѣе короткія волны становятся все болѣе и болѣе многочисленными. Такимъ образомъ, по излученію тѣла можно судить объ его температурѣ. До сихъ поръ всѣ изслѣдованія сходятся въ томъ, что температура солнца выше температуры всякаго извѣстнаго на землѣ пламени.

Теперь мы подходимъ къ вопросамъ въ родѣ слѣдующихъ: какъ поддерживается такая теплота? Какъ долго существовала она? Сколько времени продлится ея существованіе въ будущемъ? Нѣтъ-ли признаковъ ея увеличенія или ея уменьшенія? На всѣ эти вопросы при современномъ состояніи науки возможны только неопредѣленные и неудовлетворительные отвѣты.

Что касается прогрессивныхъ измѣненій въ количествѣ солнечной теплоты, можно, впрочемъ, сказать, что съ тѣхъ поръ, какъ началась достовѣрная исторія, не получено никакихъ указаній на что-нибудь подобное. За послѣднія два тысячелѣтія не замѣчено такихъ измѣненій въ распредѣленіи растеній и животныхъ, какія произошли-бы, если-бы въ теченіе этого періода имѣло мѣсто замѣтное измѣненіе въ теплотѣ, получаемой отъ солнца. Насколько можно доказать, за рѣдкими и ничтожными исключеніями, виноградъ и маслина ростутъ какъ разъ тамъ, гдѣ они росли въ классическое время; то-же справедливо относительно зерновыхъ хлѣбовъ и высокоствольныхъ деревьевъ. Въ болѣе отдаленномъ прошломъ въ температурѣ земли несомнѣнно происходили большія перемѣны. Объ этомъ свидѣтельствуютъ геологическія лѣтописи: каменноугольныя эпохи, когда на широтахъ почти арктическихъ господствовала тропическая температура, и ледяные періоды, когда нынѣшніе умѣренные поясы были покрыты пластами льда, какъ въ настоящее время сѣверная

Гренландія. Но даже относительно этихъ измѣненій нельзя сказать съ увѣренностью, отъ чего они зависѣли: отъ измѣненій въ количествѣ теплоты, испускаемой солнцемъ, или отъ измѣненій въ самой землѣ или въ ея орбитѣ. Насколько простираются наблюденія, можемъ утверждать лишь одно: истеченіе солнечной теплоты, какъ это ни удивительно, не подвергалось повидимому измѣненіямъ за всѣ столѣтія человѣческой исторіи.

Что же поддерживаетъ этотъ жаръ? Прежде всего, хорошо извѣстно, что дѣло не въ горѣніи. Мы уже касались этого вопроса нѣсколькими страницами выше: если-бы солнце сплошь состояло изъ угля, горящаго въ чистомъ кислородѣ, его существованіе могло-бы продолжаться только около 6 000 лѣтъ; съ начала христіанской эры до нашихъ дней была-бы израсходована почти третья часть запаса. Затѣмъ, источникомъ солнечной теплоты не можетъ быть охлажденіе раскаленной массы солнца. Въ этомъ случаѣ страшно высокая температура солнца замѣтно понизилась-бы въ теченіе тысячи лѣтъ.

Было предложено много различныхъ теорій; полемъ сраженія нынѣ завладѣли двѣ. Одна изъ нихъ находитъ главный источникъ солнечной теплоты въ ударѣ метеорнаго вещества, другая — въ медленномъ сжатіи солнца. Остановимся на первой теоріи: извѣстно, что часть солнечной теплоты образуется именно этимъ путемъ; но вопросъ въ томъ, достаточно-ли вліянія метеорнаго вещества, чтобы объяснить значительную часть теплоты. Что касается второй теоріи, она, безъ всякаго сомнѣнія, способна объяснить весь приходъ солнечной теплоты; но до сихъ поръ не существуетъ прямаго доказательства, что солнце дѣйствительно сокращается.

Основа метеорной теоріи заключается просто въ слѣдующемъ: если движущееся тѣло остановлено, мгновенно или постепенно, освобождается количество теплоты, которое можно выразить въ калоріяхъ формулой $\frac{mv^2}{8\,339}$; m это—масса тѣла въ килограммахъ, v—его скорость въ метрахъ въ секунду. Если остановить тѣло, вѣсящее 8 339 килограммовъ и движущееся со скоростью одного метра въ секунду, оно разовьетъ какъ разъ одну калорію теплоты,—т. е., количество теплоты, способное нагрѣть одинъ килограммъ воды отъ точки таянія на 1° Цельсія. Если-бъ то-же тѣло двигалось со скоростью 500 метровъ въ секунду, слѣдовательно, со скоростью пушечнаго ядра, оно произвело-бы количество теплоты, въ 250 000 разъ большее; эта теплота могла-бы повысить температуру массы воды, вѣсящей также 8 339 килограммовъ, почти на 30° Цельсія. Если бы тѣло проходило въ секунду не 500, а около 700 000 метровъ (приблизительная скорость, съ которою тѣло упало-бы на солнце съ какого угодно планетнаго разстоянія), количество произведенной теплоты было-бы въ $1\,400 \times 1\,400$ или почти въ 2 милліона разъ больше. Этой теплоты достаточно, чтобы привести въ состояніе самаго сильнаго каленія массу вещества, которая во много тысячъ разъ больше массы движущагося тѣла; такого количества теплоты ни при какихъ условіяхъ нельзя получить отъ полнаго сгоранія даннаго тѣла. Вильямъ Томсонъ вычислилъ количество теплоты, которое произвела-бы каждая планета, падая на солнце съ ея настоящей орбиты. Теплота выражена числомъ лѣтъ и дней, въ теченіе которыхъ она поддерживала-бы настоящій расходъ солнечной энергіи. Результаты слѣдующіе:

	Годы.	Дни.
Меркурій	6	219
Венера	83	326
Земля	95	19
Марсъ.	12	259
Юпитеръ	32 254	
Сатурнъ	9 652	
Уранъ.	1 610	
Нептунъ	1 890	
Всѣ	45 604	

Это значитъ, что паденіе всѣхъ планетъ на солнце произвело-бы такое количество теплоты, какого достаточно для поддержанія расхода солнечной теплоты въ теченіе почти 46 тысячелѣтій. Количество вещества, равное только $^1/_{100}$ массы земли, падая ежегодно на солнечную поверхность, могло-бы поддержать излученіе солнца на неопредѣленно долгое время. Разумѣется, благодаря возростанію массы солнца, произошло-бы ускореніе движеній всѣхъ планетъ, другими словами, сокращеніе ихъ періодовъ. Впрочемъ, масса солнца въ 330 000 разъ больше массы земли; поэтому годичное приращеніе составило бы только $\frac{1}{33\,000\,000}$ всей массы; необходимы были-бы вѣка, чтобы замѣтить этотъ эффектъ. Вопросъ только въ томъ, можно ли предположить, что такое количество вещества достигаетъ солнца. Безусловно отрицать—нельзя; но, въ общемъ, предположеніе кажется невѣроятнымъ по астрономическимъ соображеніямъ. Прежде всего, если метеорная матерія такъ обильна, земля встрѣчала-бы ее въ такомъ количествѣ, что температура самой земли поднялась-бы выше точки кипѣнія воды. Съ другой стороны, если такъ много матеріи ежегодно падаетъ на поверхность солнца, необходимо предположить, что несравненно большее количество ея обращается вокругъ солнца, между нимъ и планетой Меркуріемъ. Измѣненіе орбиты метеорнаго тѣла, измѣненіе, заставляющее его войти въ солнечную атмосферу, идетъ весьма медленно, такъ-что въ теченіе года можетъ быть захвачена лишь весьма малая часть цѣлаго. Далѣе, если-бъ масса метеорной матеріи, находящейся близъ солнца, была значительна, напримѣръ, въ родѣ массы земли, она оказала-бы весьма замѣтное вліяніе на движенія планеты Меркурія. Такого вліянія не открыто *). Поэтому астрономы допускаютъ, что часть,—можетъ быть, даже значительную часть—солнечной теплоты можно объяснить метеорной гипотезой; но главный источникъ солнечной энергіи, по ихъ мнѣнію, не здѣсь. Они видятъ его въ вѣроятномъ медленномъ уменьшеніи солнечнаго діаметра, въ постоянномъ превращеніи газообразной массы въ жидкое, потомъ твердое тѣло. Будетъ-ли тѣло двигаться

*) Леверрье думалъ, что ему удалось открыть въ движеніяхъ Меркурія такую неправильность, хотя величина ея значительно меньше. По его вычисленіямъ, эта неправильность такова, что ее можно объяснить дѣйствіемъ одной или нѣсколькихъ планетъ, общая масса которыхъ была бы меньше массы земли. Это было основаніемъ его упорной вѣры въ существованіе интрамеркуріальной планеты Вулкана.

въ сопротивляющейся средѣ, которая приведетъ его въ состояніе покоя постепенно, или будетъ свободно падать съ того-же разстоянія и будетъ остановлено внезапно, въ обоихъ случаяхъ количество произведенной теплоты совершенно одинаково. Такимъ образомъ, если солнце сжимается, этотъ процессъ необходимо производитъ теплоту и притомъ въ огромномъ количествѣ, потому-что сила притяженія на солнечной поверхности въ 27 разъ больше силы тяжести на поверхности земли, и сжимающаяся масса такъ огромна.



169. **Гельмгольцъ.**

При этомъ процессѣ сжатія каждая частица поверхности подается внутрь на величину, равную всему уменьшенію солнечнаго радіуса. Частицы, расположенныя ниже поверхности, перемѣщаются въ меньшей степени, потому что сила притяженія тамъ меньше. Но каждая частица солнечной массы, за исключеніемъ лишь той, которая приходится какъ разъ въ центрѣ шара, вноситъ свою долю въ развитіе теплоты. Чтобы вычислить въ точности количество образовавшейся теплоты, необходимо было-бы знать законъ возростанія плотности отъ поверхности солнца къ центру. Но

Гельмгольцъ, который первый предложилъ эту гипотезу въ 1853 году, показалъ, что при самыхъ неблагопріятныхъ условіяхъ сжатіе солнечнаго діаметра почти на 300 футъ или 91 метръ въ годъ,—слѣдовательно, на одинъ километръ въ 11 лѣтъ,—объяснило-бы все годовое излученіе солнечной теплоты *). Это сжатіе настолько медленно, что совсѣмъ не поддается наблюденію. Потребовалось бы 7 000 лѣтъ, чтобы уменьшить діаметръ на одну только секунду дуги (на разстояніи солнца одна секунда равняется 720 километрамъ); меньшей величины, вѣроятно, не удалось-бы замѣтить.

Конечно, если сжатіе идетъ быстрѣе, средняя температура солнца должна подниматься, несмотря на потерю тепла. Такъ это или нѣтъ,—могутъ опредѣлить одни только наблюденія.

Если-бъ солнце было цѣликомъ газообразное, мы могли бы положительно утверждать, что его температура должна возростать. Этотъ любопытный и съ перваго взгляда парадоксальный фактъ впервые выясненъ Лэномъ въ 1870 году. Онъ показалъ, что температура газообразнаго тѣла непрерывно возвышается по мѣрѣ того, какъ оно сжимается отъ потери теплоты. Тѣло теряетъ теплоту и сжимается; но теплоты, произведенной сжатіемъ, болѣе чѣмъ достаточно, чтобы препятствовать паденію температуры. Масса газовъ, теряющая теплоту чрезъ излученіе, будетъ дѣлаться и меньше, и теплѣе; наконецъ, плотность увеличивается настолько, что обыкновенные законы расширенія газовъ достигнутъ своего предѣла; тогда начнется превращеніе въ жидкость. Солнце, кажется, достигло этой точки, если только было когда-нибудь вполнѣ газообразнымъ, что сомнительно. Во всякомъ случаѣ, насколько намъ извѣстно въ настоящее время, внѣшняя часть, т. е., фотосфера кажется слоемъ облачной матеріи, осѣвшей изъ паровъ, которые составляютъ главную массу. Разъ существуетъ прогрессивное сжатіе, оно должно выражаться въ непрерывномъ утолщеніи этого слоя и въ возростаніи облачной части солнечной массы.

Переходъ изъ газообразнаго состоянія въ жидкое долженъ также сопровождаться освобожденіемъ огромнаго количества теплоты; этого достаточно, чтобы дѣйствительно уменьшить величину сжатія, необходимаго для поддержанія солнечнаго излученія.

Если эта теорія солнечной теплоты правильна, теплота солнца современемъ должна прійти къ концу. Оглядываясь назадъ, мы видимъ, что она должна была имѣть свое начало. Было время, когда солнечная теплота была не та, что теперь; наступитъ также время, когда она совсѣмъ исчезнетъ.

Мы не знаемъ въ точности, какое количество твердаго и жидкаго вещества находится нынѣ на солнцѣ; не знаемъ также, какова природа этого вещества. Вотъ почему мы не въ состояніи вычислить съ большею точностью, сколько времени будетъ существовать солнце въ грядущемъ. Всетаки можно сдѣлать приблизительную оцѣнку. Задача сложна, даже при наиболѣе простой гипотезѣ, что сжимается тѣло, вполнѣ газообразное: дѣло въ томъ, что вмѣстѣ со сжатіемъ солнца возростаетъ сила тяжести, и величина сжатія, необходимаго для образованія даннаго количества

---

*) Числа измѣнены, чтобы привести ихъ въ согласіе съ величиной солнечной постоянной, данной Ланглеемъ.

теплоты, становится меньше и меньше. Но искусный математикъ можетъ преодолѣть эти трудности. Вотъ выводъ Ньюкомба: если излученіе солнца, наблюдаемое нынѣ, не измѣнится, его настоящій діаметръ уменьшится вдвое почти чрезъ 5 милліоновъ лѣтъ; это—самый длинный срокъ. При такой величинѣ солнце должно быть въ 8 разъ плотнѣе, чѣмъ въ настоящее время; трудно допустить, чтобы оно осталось тогда по преимуществу газообразнымъ; его температура начнетъ понижаться. Отсюда Ньюкомбъ приходитъ къ заключенію: едва-ли солнце можетъ доставлять запасы тепла, необходимые для поддержанія жизни на землѣ (по крайней мѣрѣ, той жизни, къ какой мы теперь привыкли) въ теченіе 10 милліоновъ лѣтъ отъ настоящаго времени.

Опираясь на эту гипотезу, можно вычислить прошлое солнечной исторіи нѣсколько точнѣе, чѣмъ будущее. Если скорость сжатія и законъ измѣненія извѣстны, если затѣмъ допущено предположеніе, что тепловое излученіе оставалось неизмѣннымъ, въ такомъ случаѣ вычислить размѣры солнца для любого момента прошлой исторіи это—чисто математическая задача. Достаточно знать настоящую величину излученія и массу солнца, чтобы вычислить, какъ долго процессъ сгущенія можетъ поддерживать жаръ солнца въ его настоящей напряженности. Допустимъ, что солнце обладало діаметромъ во много разъ большимъ, чѣмъ діаметръ орбиты Нептуна, и постепенно сжалось до настоящихъ размѣровъ. Количество тепла, доставленное такимъ сжатіемъ, было бы почти въ 18 милліоновъ разъ больше того, какое составляетъ нынѣ годовую потерю солнца. Въ геометріи нѣтъ вывода достовѣрнѣе этого. Слѣдовательно, солнце не можетъ доставлять такіе запасы теплоты, какъ теперь, въ теченіе болѣе продолжительнаго промежутка времени, если только теплота его образуется именно этимъ путемъ. Если бы можно было показать, что солнце сіяло такъ, какъ нынѣ, болѣе 18 милліоновъ лѣтъ, теорія была бы опровергнута. Но, разъ она вѣрна, — а это, въ общемъ, правдоподобно, — мы неизбѣжно приходимъ къ выводу, что вся жизнь солнечной системы отъ ея рожденія до смерти заключена приблизительно въ промежуткѣ времени, равномъ 30 милліонамъ лѣтъ. Допустимъ паденіе метеорной матеріи, насколько она доступна нашему наблюденію, допустимъ развитіе тепла при превращеніи въ жидкость, при отвердѣваніи и при химическомъ соединеніи паровъ въ состояніи диссоціаціи,—никакія гипотезы не могли бы увеличить этотъ срокъ до 60 милліоновъ.



170. **Ньюкомбъ.**

Въ то же время нельзя, очевидно, утверждать, что въ прошломъ не было никакой катастрофы,—никакого столкновенія съ блуждающею звѣздой. Подобно нѣкоторымъ изъ извѣстныхъ нынѣ звѣздъ, такое свѣтило можетъ обладать, какъ пред.

положилъ Кролль, скоростью далеко больше той, какая пріобрѣтается при паденіи хотя бы изъ безконечности. Оно можетъ произвести ударъ, который въ нѣсколько часовъ или даже моментовъ возстановить энергію, истраченную въ теченіе вѣковъ. Точно также нѣтъ основаній утверждать, что не можетъ быть средствъ, о которыхъ мы совсѣмъ не догадываемся и съ помощью которыхъ энергія, повидимому потерянная въ пространствѣ, можетъ быть возвращена, по крайней мѣрѣ, отчасти. Такимъ образомъ, несчастный день, когда солнце погаснетъ, можетъ быть отсроченъ надолго.

Въ 1882 году Сименсъ въ Лондонѣ предложилъ новую теорію солнечной энергіи. Научное имя ея автора обезпечило ей самое внимательное обсужденіе. Вскорѣ она была оставлена, какъ несостоятельная: нѣкоторыя основныя ея предположенія были признаны недоказанными; кромѣ того, со стороны астрономовъ были выставлены роковыя возраженія. Всетаки теорія крайне поучительна и наводитъ на размышленія. Поэтому мы рѣшились оставить разборъ ея, который былъ данъ въ дополненіи ко второму изданію нашей книги двѣнадцать лѣтъ тому назадъ. Вотъ „основныя положенія“ теоріи Сименса, изложенныя его собственными словами:

1) Въ звѣздномъ и междупланетномъ пространствѣ существуютъ смѣси изъ водяного пара и углерода.

2) Благодаря лучистой энергіи солнца, эти газовыя смѣси могутъ находиться въ диссоціаціи (могутъ распасться на составные элементы), хотя и въ состояніи крайняго разрѣженія.

3) Эти пары въ состояніи диссоціаціи могутъ войти въ солнечную атмосферу путемъ обмѣна на равное количество паровъ, составныя части которыхъ снова соединены; обмѣнъ этотъ производится центробѣжнымъ дѣйствіемъ самого солнца.

Опираясь на эти положенія, Сименсъ дѣлаетъ заключеніе, что солнечная теплота производится вторичнымъ соединеніемъ элементарныхъ газовъ; газы содержатся въ теченіи, которое непрерывно направляется къ полярнымъ областямъ солнца. Теченіе производится вращеніемъ солнца. Это вращеніе дѣйствуетъ подобно гигантскому вѣеру: выталкиваетъ газы, находящіеся у солнечнаго экватора, такимъ образомъ непрерывно удаляетъ продукты сгоранія и вновь распредѣляетъ ихъ въ пространствѣ.

Кромѣ того,—этотъ пунктъ своей теоріи Сименсъ подчеркиваетъ съ особенною выразительностью—эти газовыя смѣси, происходящія отъ горѣнія, перенимаютъ солнечную топлоту, не полученную планетами (теплоту, которая съ человѣческой точки зрѣнія иначе была бы растрачена); она идетъ на ихъ разложеніе. Такимъ образомъ, солнечный огонь самъ приготовляетъ себѣ топливо изъ пепла собственнаго горна. Отсюда—его постоянство.

По причинамъ, которыя мы сейчасъ изложимъ, мы не можемъ принять эту теорію. Можно, впрочемъ, сказать, что, прежде всего, въ ней нѣтъ ничего нелѣпаго. Теорію Сименса нельзя причислить къ категоріи спекуляцій, которыя объясняютъ тяготѣніе и планетныя движенія электрическими вихрями или какою-нибудь подобною безсмыслицей.

Если пространство наполнено парами сложнаго состава и если лучи свѣта и тепла могутъ опять разлагать ихъ на составные элементы, теорія эта не только

можетъ, но и должна быть истинною. Горячій вращающійся шаръ, движущійся въ пространствѣ, наполненномъ такими парами, неизбѣжно произведетъ теченія, на какія указываетъ Сименсъ, и будетъ поддерживать непрерывный огонь на своей поверхности. Вопросъ только въ томъ, какъ великъ и какъ горячъ этотъ огонь.

Теперь относительно основныхъ гипотезъ Сименса. Можетъ-ли существовать въ пространствѣ какое-то газообразное вещество? Нѣтъ необходимости отрицать это, хотя кажется гораздо болѣе вѣроятнымъ другое предположеніе: сколько матеріи ни разсѣяно между планетами, по большей части, она представляетъ видъ такихъ малыхъ твердыхъ зеренъ, какія мы отъ времени до времени видимъ въ падающихъ звѣздахъ.



171. **В. Сименсъ.**

Но междупланетная атмосфера чувствительной плотности, думается намъ, несовмѣстна съ наблюдаемыми движеніями планетъ и особенно кометъ. Сименсъ полагаетъ, что ея плотность въ 2 000 разъ меньше плотности земной атмосферы; это, по его мнѣнію, возможный максимумъ; онъ не указываетъ, впрочемъ, каковъ можетъ быть минимумъ. Но для того, чтобы возмѣстить количество вещества, необходимое для поддержанія солнечной теплоты, плотность междупланетной атмосферы заключалась бы между $\frac{1}{100}$ и $\frac{1}{100000}$ плотности воздуха у поверхности земли *).

*) Въ статьѣ, напечатанной въ „Nineteenth Century“ за апрѣль мѣсяцъ 1882 года, Сименсъ отражаетъ нѣкоторыя возраженія, сдѣланныя противъ его теоріи. Онъ показываетъ, что теченіе изъ смѣшанныхъ газовъ, содержащихъ 5% свободнаго водорода и болотнаго газа и 95% кислорода, азота и нейтральнаго газа, объяснило бы своимъ сгораніемъ весь приходъ

Сопротивленіе атмосферы такой плотности было весьма серьезнымъ для тѣлъ движущихся въ 50—100 разъ быстрѣе пушечнаго ядра. Это дѣйствіе не могло бы пройти не замѣченнымъ. Оно выразилось бы въ значительномъ замедленіи и въ послѣдующемъ сокращеніи ихъ періодовъ. Насколько можемъ мы судить по наблюденіямъ надъ движеніемъ кометы Энке, плотность междупланетной среды не можетъ превосходить $\frac{1}{2\,500\,000\,000\,000\,000}$ плотности земной атмосферы. (См. по этому предмету изслѣдованіе Харкнесса въ „Washington Astronomical Observations" за 1870 годъ).

Сименсъ, дѣйствительно, замѣчаетъ далѣе: „Допустимъ, что матерія, наполняющая пространство, почти совершенная жидкость, не ограниченная крайними поверхностями. Тогда можно показать, что въ такой разрѣженной средѣ замедленіе вслѣдствіе тренія было-бы на самомъ дѣлѣ весьма ничтожно, даже въ случаѣ планетныхъ скоростей". Но насколько простираются опыты, разрѣженіе газа не стремится приблизить его къ совершенной жидкости. Скорѣе, оно стремится, какъ кажется, приблизить газъ къ скопленію мельчайшихъ отдѣльныхъ шариковъ, пролетающихъ чрезъ пространство. Объ этомъ свидѣтельствуютъ явленія радіометра и Круксовыхъ трубокъ.

Другое и, кажется намъ, столь же серьезное возраженіе противъ теоріи лежитъ въ томъ фактѣ, что она ограничиваетъ температуру солнечной поверхности значеніемъ, соотвѣтствующимъ точкѣ диссоціаціи газообразныхъ составляющихъ. Эта точка диссоціаціи для углеводородовъ и водяного пара, даже если признать значительное давленіе на солнечной поверхности, не выше 3 300°—4 400° Цельсія, что значительно ниже температуры поверхности солнца, указанной всѣми новѣйшими опредѣленіями.

Далѣе, если поглощеніе лучистой энергіи внутри границъ солнечной системы дѣйствительно достигаетъ сколько-нибудь ощутительной величины, звѣзды должны быть совсѣмъ невидимы; теплота ихъ совершенно не достигала бы земли.

Что касается предположенія, что углеводородныя смѣси въ состояніи значительнаго разрѣженія могутъ быть разъединены (диссоціація) дѣйствіемъ солнечныхъ лучей, мы думаемъ, что до сихъ поръ не найдено никакихъ доказательствъ такого эффекта.

Всетаки слѣдуетъ пожалѣть, что нельзя принять эту теорію: она устраняетъ нѣкоторыя весьма серьезныя затрудненія, которыя въ настоящее время запутываютъ задачу эволюціи нашей планетной системы. Общепринятая теорія сжатія, разработанная Гельмгольцемъ, допускаетъ, безспорно, слишкомъ малый срокъ для лучеиспусканія солнца. Трудно примирить ее съ разумнымъ объясненіемъ процесса, который привелъ къ настоящему состоянію вещей.

солнечной теплоты, если бы на солнечной поверхности плотность была та же самая, какъ плотность земной атмосферы, а скорость равнялась-бы 100 футамъ въ секунду. Согласимся съ этой оцѣнкой; допустимъ, что теченіе остается замѣтнымъ даже на разстояніи 80 милліоновъ километровъ, и что его нити движутся къ солнцу по сходящимся линіямъ; окажется, что междупланетная атмосфера должна имѣть плотность около $\frac{1}{13\,000}$ плотности воздуха у земной поверхности. Если предположимъ, что теченіе исчезаетъ на меньшемъ разстояніи отъ солнца, плотность должна быть больше.

Мы упомянули только о трехъ теоріяхъ солнечной теплоты. Но читатель самъ пойметъ, что было предложено и отброшено многое множество теорій: однѣ—,какъ нелѣпыя, другія—,какъ несовмѣстныя.

Къ первому типу принадлежатъ спекуляціи тѣхъ, кто уподоблялъ солнце арматурѣ динамо-машины или вращающемуся диску „индукціонной машины", забывая, что въ обоихъ случаяхъ энергія, излучаемая въ видѣ свѣта и тепла, должна, въ концѣ концовъ, истекать изъ энергіи вращенія солнца. Простое вычисленіе показываетъ, что эта энергія вращенія недостаточна для поддержанія излученія даже на 150 лѣтъ.

Другія теоріи ищутъ объясненія солнечной теплоты въ простомъ охлажденіи раскаленнаго тѣла, въ „сгораніи" солнечнаго вещества въ химическомъ смыслѣ слова, или въ простомъ сгущеніи паровъ въ облака и въ освобожденіи такъ называемой скрытой теплоты испаренія. Всѣ онѣ, подобно метеорной теоріи, совершенно несостоятельны.

IX.

Сводъ фактовъ, разборъ вопроса о строеніи солнца.

Таблица числовыхъ данныхъ.—Составъ солнечнаго ядра.—Своеобразныя свойства газовъ при высокихъ температурѣ и давленіи.—Характерныя различія между жидкостью и газомъ.—Составъ фотосферы и высшихъ областей солнечной атмосферы.—Теорія профессора Хастингса.—Современныя задачи физики солнца.

Можетъ быть, полезно будетъ собрать главные выводы предшествующихъ страницъ, представивъ ихъ въ одномъ цѣльномъ обзорѣ. Мы даемъ сначала таблицу статистики солнца,—таблицу фактовъ, которые могутъ быть выражены въ числахъ.

Солнечный параллаксъ (экваторіальный горизонтальный)	8,″80 ± 0,02″
Среднее разстояніе солнца отъ земли . .	149 480 000 килом.
Измѣненіе разстоянія солнца отъ земли между январемъ и іюлемъ	4 950 000 килом.
Линейная величина 1″ на солнечной поверхности	724,7 килом.
Средній угловой радіусъ солнца	16′,02″ ± 1,0″
Линейный діаметръ солнца	1 394 300 килом.
(Эта величина можетъ измѣняться на нѣсколько сотъ километровъ).	
Отношеніе діаметровъ солнца и земли . .	109,5
Поверхность солнца въ сравненіи съ землей	11 940

Объемъ солнца въ сравненіи съ землей . .	1 305 000	
Масса или количество матеріи въ солнцѣ въ сравненіи съ землей	331 000 ± 1 000	
Средняя плотность солнца въ сравненіи съ землей	0,253	
Средняя плотность солнца въ сравненіи съ водой	1,406	
Сила тяжести на солнечной поверхности въ сравненіи съ силой тяжести на землѣ	27,6	
Пространство, которое проходитъ въ одну секунду свободно падающее тѣло на солнечной поверхности	444,4 ф.=135,5 метра.	
Наклонность солнечной оси къ эклиптикѣ	7°15′	Кэррингтонъ.
Долгота ея восходящаго узла	75°	Кэррингтонъ.
Время, когда солнце находится близъ узла.	4—5 іюня	Кэррингтонъ.
Среднее время солнечнаго вращенія . . .	25,38 дней	Кэррингтонъ.
Время вращенія солнечнаго экватора . .	25 „	
Время вращенія на широтѣ 20°	25,75 „	
„ „ „ „ 30°	25,5 „	
„ „ „ „ 45°	27,5 „	

(Послѣднія четыре числа немного сомнительны; формулы различныхъ авторовъ даютъ результаты, отличающіеся въ нѣкоторыхъ случахъ на нѣсколько часовъ).

Линейная скорость вращенія солнца на его экваторѣ . . 2,028 кил. въ секунду.

Полное количество солнечнаго свѣта 1 575 000 000 000 000 000 000 000 000 или 1 575.10^{24} свѣчей.

Напряженность солнечнаго свѣта у поверхности солнца . . . 190 000 свѣчей; въ 5 300 разъ больше свѣта металла въ Бессемеровомъ конверторѣ; въ 146 разъ больше свѣта кальція; въ 3,4 разъ больше свѣта электрической дуги.

Яркость точки на солнечномъ краѣ въ сравненіи съ яркостью точки близъ центра диска . . . . 25%.

Теплота, получаемая отъ солнца въ минуту квадратнымъ метромъ, выставленнымъ перпендикулярно къ солнечнымъ лучамъ, у верхней границы земной атмосферы (солнечная постоянная) . . . . 30 калорій.

Тепловое излученіе у поверхности солнца на квадратный метръ въ минуту . . . . 1 340 000 калорій.

Толщина слоя льда, который растаялъ бы на солнечной поверхности въ минуту . . . . 58,2 футъ или 17,7 метровъ.

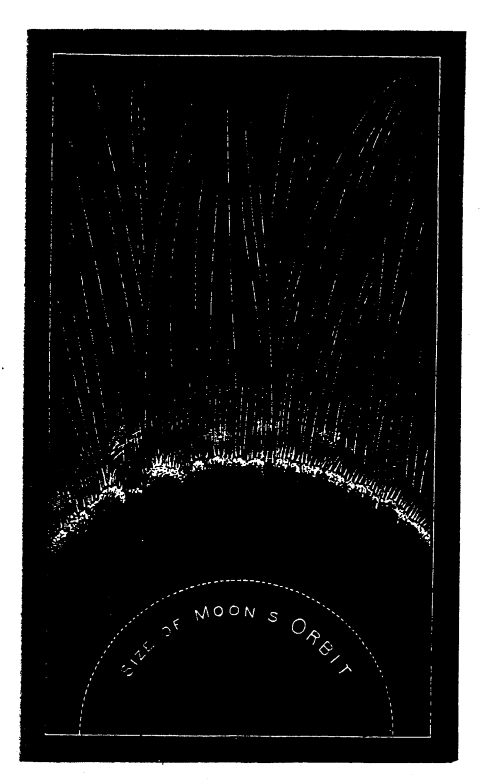
Механическій эквивалентъ непрерывно дѣйствующаго солнечнаго излученія у поверхности солнца . . . . . 131 000 лошадиныхъ силъ на квадратный метръ или приблизительно 12 000 на квадратный футъ.

Эффективная температура солнечной поверхности . . . около 10 000° Цельсія (по Розетти), около 8 000° Цельсія (по Уильсону и Грею).

Разумѣется, едва ли нужно повторять, что числа, относящіяся къ свѣту и теплотѣ солнца, заслуживаютъ меньшаго довѣрія, чѣмъ числа, выражающія его разстояніе, массу и силу притяженія.

Рисунокъ 168 яснѣе всякаго описанія покажетъ, какъ, по мнѣнію автора, устроено солнце, какъ расположены различные концентрическіе слои или оболочки.

На рисункѣ изображенъ воображаемый разрѣзъ чрезъ центръ. Черный дискъ представляетъ внутреннее ядро, которое недоступно нашему наблюденію. Его природа и составъ—просто результатъ дедукціи. Бѣлое кольцо, окружающее его, это—фотосфера или слой изъ раскаленныхъ облаковъ, который образуетъ видимую поверхность. Глубина или толщина этого слоя совершенно неизвѣстна; онъ можетъ быть во много разъ толще, чѣмъ представлено, но можетъ быть и нѣсколько тоньше. Точно также неизвѣстно, отдѣленъ ли онъ отъ внутренней области опредѣленною поверхностью, или, напротивъ, между ними нѣтъ никакой отчетливой границы.



172. **Разрѣзъ солнца.**

Впрочемъ, внѣшняя поверхность фотосферы, навѣрное, ограничена довольно рѣзко, хотя весьма неправильна: въ однѣхъ точкахъ она поднимается и образуетъ факелы, въ другихъ — понижается и образуетъ пятна.

Непосредственно надъ фотосферой лежитъ такъ называемый „обращающій слой", въ которомъ происходятъ фраунгоферовы линіи. Впрочемъ, должно замѣтить, что газы, составляющіе этотъ слой, не просто покрываютъ фотосферу: они заполняютъ также промежутки между фотосферными облаками и образуютъ атмосферу. Была сдѣлана попытка указать этотъ фактъ на діаграммѣ (см. рис. 168).

Надъ „обращающимъ слоемъ" лежитъ алая хромосфера съ выступами различныхъ формъ и размѣровъ. Выступы высоко поднимаются надъ солнечною поверхностью. Еще выше, обнимая все, лежитъ корональная атмосфера и таинственный вѣнецъ изъ облаковъ, трещинъ и струй, постепенно сливающихся съ темнотою внѣшняго пространства.

Въ центрѣ солнца изображена земля въ ея истинныхъ относительныхъ измѣреніяхъ; ея діаметръ равенъ $^1/_{109}$ солнечнаго діаметра, который принятъ въ три

дюйма. Этотъ масштабъ уменьшаетъ земной шаръ до размѣровъ малой точки съ діаметромъ всего въ $^1/_{36}$ дюйма. Вокругъ нея на соотвѣтствующемъ разстояніи проведена орбита луны. Она приходится внутри солнечной массы. Любая изъ мелкихъ точекъ, образующихъ пунктирную линію луннаго пути, довольно хорошо представляетъ самое луну.

Центральное ядро сдѣлано на рисункѣ чернымъ просто для удобства: это совсѣмъ не значитъ, что составляющее его вещество холоднѣе или темнѣе, чѣмъ фотосфера. Вполнѣ вѣроятно, что эта центральная масса (которая, безъ сомнѣнія, составляетъ болѣе $^9/_{10}$ всей массы солнца) чисто газообразная. Конечно, вѣрно, что при данныхъ температурѣ и давленіи газообразная масса обладаетъ меньшей лучеиспускательной способностью и свѣтитъ слабѣе, чѣмъ облака фотосферы. Но, съ другой стороны, одновременное возростаніе давленія и температуры быстро возвышаютъ излучающую силу газа; весьма вѣроятно, уже на небольшой глубинѣ возростающія давленіе и температура могутъ не только уравнять условія, но и сдѣлать центральное ядро такимъ же яркимъ, какъ поверхность.

Несгущенные газы фотосферы темнѣе капелекъ и кристалловъ, составляющихъ фотосферныя облака. Здѣсь давленіе и температура настолько ниже, что пары фотосферы, всякій разъ какъ удается видѣть ихъ на несвѣтящемся фонѣ, даютъ не сплошной спектръ, а спектръ изъ яркихъ линій. Когда болѣе напряженный свѣтъ отъ жидкихъ и твердыхъ частицъ фотосферы блеститъ чрезъ эти пары, они отнимаютъ у него соотвѣтствующіе лучи и производятъ знакомый намъ спектръ съ темными линіями.

Едва ли необходимо излагать опять доводы въ пользу положенія, что большая часть солнечной массы газообразна. Пришлось бы напомнить объ огромной теплотѣ у поверхности. Благодаря ей, солнечная атмосфера постоянно наполняется парами знакомыхъ намъ металловъ. Затѣмъ: средняя плотность солнца крайне мала,— только въ $1^1/_4$ раза больше плотности воды. Немыслимо, чтобы какое-нибудь изъ веществъ, которыя, по нашему предположенію, существуютъ на солнцѣ, могло оставаться въ твердомъ или даже въ жидкомъ состояніи въ значительной части солнечной массы. Если бы значительная часть солнца состояла изъ твердаго или жидкаго желѣза, титана, магнія и пр., плотность солнца была бы далеко больше, чѣмъ въ настоящее время. Даже у поверхности, гдѣ теплота постоянно излучается, гдѣ масса солнца соприкасается съ холодомъ пространства, температура такъ высока, что держитъ названные элементы въ парообразномъ состояніи. Едва ли на большой глубинѣ температура такъ низка, чтобы эти элементы могли дѣлаться жидкими или твердыми.

Допустимъ же, что они находятся въ газообразномъ состояніи. Этой теоріи до сихъ поръ приходится считаться съ различными трудностями. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ настаивали на мнѣніи, что въ глубинѣ солнца даже на маломъ разстояніи отъ поверхности любой газъ долженъ превращаться въ жидкость. Причина— огромное давленіе, производимое лежащими сверху массами; нужно помнить, что на нихъ дѣйствуетъ притяженіе солнца, которое приблизительно въ 28 разъ больше притяженія земли.

Даже на землѣ, напримѣръ, плотность воздуха уменьшается вдвое на каждые 5,6 километра подъема; въ такой же пропорціи должна возростать она, когда спу-

скаются ниже уровня моря, если оставить въ сторонѣ вліяніе температуры. Вода почти въ 770 разъ тяжелѣе воздуха; поэтому на днѣ шахты въ 56 километровъ глубины воздухъ былъ бы плотнѣе воды; предполагается, что температура его осталась та же, какъ на поверхности. Не успѣли-бъ мы достигнуть глубины 80 километровъ, воздухъ сдѣлался бы плотнѣе золота, если-бъ только не перешелъ въ жидкое состояніе; въ послѣднемъ случаѣ способность сжиматься уменьшилась бы. Если примемъ въ разсчетъ слабое уменьшеніе силы тяжести по мѣрѣ того, какъ мы приближаемся къ центру земли, если допустимъ затѣмъ, что температура возростаетъ на 36° Цельсія при каждыхъ 1,6 километра пониженія, результаты измѣнятся; но характеръ ихъ, по существу, останется тотъ же. Пришлось бы спуститься 16 километрами ниже, чтобы получить тотъ же самый результатъ.



173. **Джонъ Дрэперъ.**

Что касается солнца, дѣйствіе тяжести тамъ значительно больше. Плотность газовъ должна возростать тамъ очень быстро, *если только при углубленіи не происходитъ очень быстраго повышенія температуры или превращенія въ жидкость*. Слѣдовательно, средняя плотность массы (если солнце дѣйствительно газообразно) должна быть неизмѣримо больше плотности всякаго извѣстнаго металла.

Но теперь мы знаемъ, что при этихъ обстоятельствахъ не можетъ происходить превращенія въ жидкость. Изслѣдованія Эндрюса и его преемниковъ показали, что для превращенія газа въ жидкость необходимо соединить два условія: возростаніе давленія и уменьшеніе температуры. Для каждаго газа существуетъ такъ называемая „критическая температура“. Пока температура не упадетъ ниже этой точки, никакое

давленіе не можетъ обратить газъ въ жидкость. Но какъ только температура опустилась ниже, достаточно одного давленія, чтобы произвести желаемый эффектъ. Если температура очень низка, давленіе можетъ быть очень слабымъ.

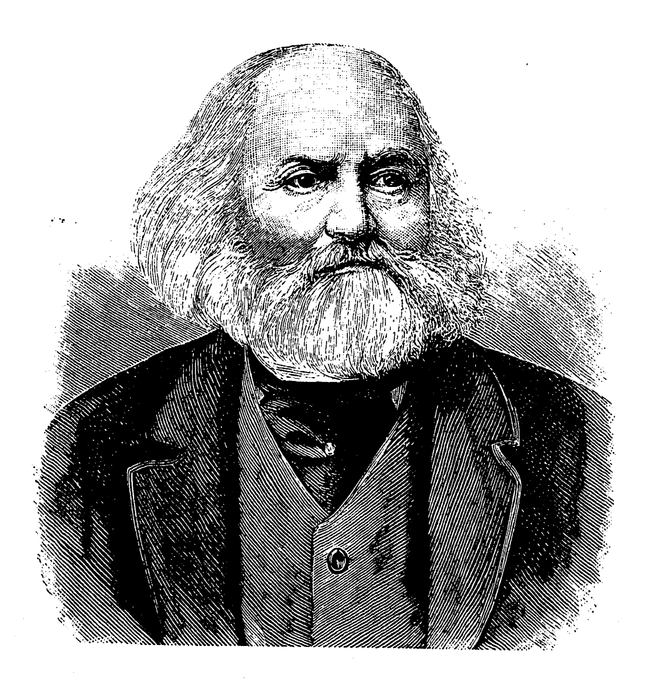
Нельзя предполагать, что температура на солнцѣ или внутри солнца окажется ниже „критическихъ точекъ“ газовъ, тамъ найденныхъ. Поэтому, какъ уже сказано, превращеніе ихъ въ жидкость — внѣ вопроса. Тѣ же, кто пожелаетъ допустить достаточное увеличеніе температуры съ возростаніемъ глубины, склонны держаться иного взгляда. По ихъ мнѣнію, центральныя части солнца состоятъ, по большей части, не изъ тѣхъ элементовъ, которые спектроскопъ обнаруживаетъ въ солнечной атмосферѣ, а изъ иного, неизвѣстнаго намъ твердаго или жидкаго вещества; твердость его—велика, плотность—ничтожна. Съ этимъ взглядомъ связано, вообще, убѣжденіе, что солнечная теплота развивается, въ сущности, лишь на поверхности. Она производится неизвѣстнымъ процессомъ и только тамъ, гдѣ внѣшняя поверхность солнечнаго шара встрѣчаетъ открытое пространство; при этомъ нѣтъ необходимости предполагать большую теплоту на внутреннихъ глубинахъ. Старые наблюдатели, особенно оба Гершеля, держались, по большей части, теорій, по существу, подобныхъ только-что изложенной. Не слѣдуетъ забывать, что Гершель старшій горячо отстаивалъ слѣдующую гипотезу: центральный шаръ солнца представляетъ обитаемый міръ, защищенный отъ пылающей фотосферы слоемъ холодныхъ несвѣтящихся облаковъ. Въ болѣе новое время Кирхгофъ и Целльнеръ поддерживали мнѣніе, что свѣтящаяся поверхность либо жидка, либо тверда.

Въ настоящее время мы, быть можетъ, не въ состояніи обнаружить ложность этой теоріи, доказывая, что солнечное ядро не твердое и не жидкое, что солнечная теплота не ограничена поверхностью солнца, а проникаетъ всю его массу съ напряженностью, непрерывно возростающею до самаго центра. Ясно однако, что теорію эту можно признать лишь въ томъ случаѣ, если призвать на помощь неизвѣстныя и воображаемыя вещества и операціи. Съ другой стороны, общепринятая теорія, по которой солнце—газообразно, не вводитъ никакихъ новыхъ родовъ матеріи или неизвѣстныхъ силъ; согласно съ нею, явленія, происходящія на солнцѣ,—совершенно того же рода, какъ явленія, наблюдаемыя въ нашихъ лабораторіяхъ; все дѣло въ томъ, что они неизмѣримо отличаются по степени и напряженности.

Если допустимъ, что съ приближеніемъ къ центру температура солнца повышается достаточно быстро, всѣ трудности, связанныя съ вопросомъ о плотности такого газообразнаго шара, исчезаютъ. Правда, при этомъ взглядѣ центральная температура должна быть поразительно велика даже въ сравненіи съ температурой фотосферы. Но почему нѣтъ? Можно ли привести противъ этого какое-нибудь основаніе? Предположимъ, что солнце состоитъ исключительно изъ водорода, и что обыкновенныя отношенія между давленіемъ и температурой, выведенныя изъ лабораторныхъ опытовъ, существуютъ на всѣхъ возможныхъ ступеняхъ давленія и температуры. Въ такомъ случаѣ вычислить наименьшую центральную температуру, которая дала бы солнечному шару его настоящую плотность,—было бы дѣломъ, сравнительно простымъ. Не забудемъ однако, что на солнцѣ есть другія вещества, притомъ въ неизвѣстныхъ намъ пропорціяхъ, и что наша лабораторная работа даетъ формулы, по всей вѣроятности, только приближенныя. Ясно, что такая выкладка будетъ безполезна. Въ настоящее время намъ приходится довольствоваться неопредѣленными выраже-

ніями: приходится просто говорить, что по своей напряженности теплота внутри солнца должна настолько превосходить теплоту фотосферы, насколько послѣдняя превосходитъ животную теплоту живого тѣла.

Въ общемъ, кажется вѣроятнымъ, что ядро солнца газообразно. Но мы были бы весьма далеки отъ истины, если-бъ вообразили, что при такихъ условіяхъ температуры и давленія масса газа можетъ походить на нашъ воздухъ съ его характерными признаками. Она была бы плотнѣе воды. Какъ показали Максвелль и другіе, съ повышеніемъ температуры быстро возростаетъ вязкость газа. Вѣроятно, онъ оказы-



174. **Резсерфордъ.**

валъ бы сопротивленіе движенію, подобно массѣ смолы или замазки. Естественно спросить: если данное вещество настолько отличается отъ газовъ и настолько походитъ на то, что привыкли называть полужидкостями, почему-жъ его относятъ не сюда, а къ газамъ? Отвѣтъ таковъ: хотя это вещество представляетъ поверхностное сходство съ полужидкостями, его существенныя свойства всетаки сближаютъ его съ газами; мы имѣемъ въ виду: непрерывное расширеніе при уменьшеніи давленія безъ образованія свободной поверхности равновѣсія; непрерывное расширеніе при возростаніи температуры, причемъ точка кипѣнія не достигается; наконецъ, въ случаѣ смѣси различныхъ газовъ, равномѣрная диффузія каждаго изъ нихъ по закону Дальтона, безъ различія удѣльнаго вѣса.

Можетъ быть, умѣстно остановиться на этихъ пунктахъ, которые часто понимаются невѣрно. Предположимъ, что масса жидкости заключена въ закрытомъ со-

судѣ, совершенно наполняетъ его и сжата съ огромною силой. Пусть сосудъ постепенно увеличивается, причемъ давленіе будетъ уменьшаться: жидкость будетъ расширяться. Сначала она наполняетъ весь сосудъ. Наконецъ, если даже мы доставимъ теплоту, чтобы предупредить паденіе температуры, наступитъ моментъ, когда жидкость не будетъ болѣе наполнять сосуда. Надъ „свободною поверхностью равновѣсія“, хорошо опредѣленною, останется пустое пространство, то есть, пространство, свободное отъ жидкости, но, разумѣется, занятое ея паромъ. Возьмемъ теперь такой-же сосудъ, наполненный сжатымъ газомъ, плотность котораго, благодаря давленію, можетъ вначалѣ даже превосходить плотность жидкости въ только-что приведенномъ случаѣ. Представимъ, что сосудъ увеличивается, какъ указано выше, что въ то же время ему доставляется достаточно теплоты, чтобы не допустить паденія температуры. Въ этомъ случаѣ газъ никогда не перестанетъ наполнять весь сосудъ и никогда не образуетъ свободной поверхности, какъ бы далеко ни шло расширеніе сосуда.

Съ другой стороны, возьмемъ цилиндръ съ хорошо прилаженнымъ нагруженнымъ поршнемъ, который свободно ходитъ въ немъ. Наполнивъ пространство подъ поршнемъ жидкостью, будемъ нагрѣвать ее. Найдемъ, что сначала температура будетъ возвышаться правильно, и жидкость, медленно расширяясь по мѣрѣ нагрѣванія, будетъ толкать поршень передъ собой. Но когда достигнемъ извѣстной температуры, зависящей отъ природы жидкости и давленія, производимаго поршнемъ, жидкость, несмотря на притокъ теплоты, перестанетъ нагрѣваться и начнетъ кипѣть. Освобожденный паръ подниметъ поршень и займетъ свободное пространство надъ поверхностью жидкости. Но если-бъ пространство подъ поршнемъ съ самаго начала было занято газомъ, какой бы плотности онъ ни былъ, ничего подобнаго не случилось бы. Газъ, получая теплоту, нагрѣвался бы и правильно расширялся бы безъ перерыва или предѣла.

Наконецъ, перейдемъ къ третьему критерію различія между жидкостями и газами. Въ смѣси жидкостей различнаго удѣльнаго вѣса различныя вещества отдѣляются и располагаются по ихъ вѣсу, если только не оказываютъ другъ на друга химическаго дѣйствія,—напримѣръ, ртуть, вода и масло. Но если смѣшаны нѣсколько газовъ, какъ бы сильно ни различались они по удѣльному вѣсу, напримѣръ, водородъ, кислородъ и двуокись углерода, ничего такого не бываетъ. При всѣхъ условіяхъ температуры и давленія каждый газъ распредѣляется по всему пространству такъ, какъ будто другихъ газовъ нѣтъ, только медленнѣе, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда онъ одинъ.

Хотя при современномъ состояніи науки невозможно доказать, что главная часть солнечной массы газообразна, мы можемъ всетаки сказать: шаръ изъ раскаленнаго газа при тѣхъ условіяхъ, какія мы указали, неизбѣжно представитъ совершенно тѣ же явленія, какія наблюдаются на солнцѣ.

На внѣшней поверхности, выставленной на холодъ пространства, быстрое излученіе несомнѣнно вызоветъ сгущеніе и образованіе свѣтящихся облаковъ изъ такихъ паровъ, точка кипѣнія которыхъ выше температуры остывающей поверхности солнца. Эти облака будутъ плавать въ атмосферѣ, насыщенной парами, изъ которыхъ они образовались. Въ ея составъ будутъ входить также другіе несгущенные пары. Отсюда особенности солнечнаго спектра. Съ другой стороны, постоянные газы, т. е., газы которые при условіяхъ, существующихъ на солнцѣ, не переходятъ въ состояніе жид-

кости, напримѣръ, водородъ, будутъ подниматься на большую вышину, чѣмъ другіе. Изъ нихъ надъ фотосферой должна образоваться точно такая хромосфера, какую мы видимъ. Можно ли изъ того же предложенія о составѣ солнца заранѣе вывести такія явленія, какъ солнечныя пятна и выступы, это еще сомнительно. Но до сихъ поръ ни въ одномъ изъ нихъ не наблюдалось ничего, что могло бы противорѣчить изложенному выше взгляду. Мы говоримъ „ничего", если только не окажется, какъ нѣкогда думали, что солнечная поверхность представляетъ, такъ сказать, „географическія" особенности. Онѣ проявляются въ склонности къ образованію солнечныхъ пятенъ въ извѣстныхъ постоянныхъ мѣстахъ, какъ если бы въ этихъ мѣстахъ находились вулканы или что-нибудь въ этомъ родѣ. Конечно, тотъ фактъ, что пятна распредѣляются преимущественно въ двухъ поясахъ, параллельныхъ солнечному экватору, не представляетъ никакихъ трудностей. Легко понять, что къ такому результату могло привести вращеніе солнца. Но особенности, постоянно присущія единичнымъ точкамъ солнечной поверхности, необходимо указываютъ на твердыя связи, которыя несовмѣстимы съ теоріей газообразнаго или даже жидкаго ядра. На страницѣ 112 уже было отмѣчено, что у солнечныхъ пятенъ замѣтно стремленіе появляться снова въ тѣхъ же точкахъ или близъ тѣхъ же точекъ въ теченіе нѣсколькихъ оборотовъ солнца. Но такихъ показаній, которыя могли бы установить существованіе неподвижныхъ центровъ пятенъ, не существуетъ. Идею эту нужно считать просто остаткомъ старой теоріи твердаго солнца, которую развивалъ Гершель. Трудно произвести окончательную, рѣшающую провѣрку въ этомъ вопросѣ. Для этого недостаточно ни обширныхъ наблюденій Кэррингтона и Шперера, ни Видеровыхъ періодовъ полярныхъ сіяній. Дѣло въ томъ, что время вращенія твердаго ядра, если оно дѣйствительно существуетъ, неизвѣстно. Благодаря этому, изслѣдованіе становится затруднительнымъ и неудовлетворительнымъ.

Относительно состава фотосферы между астрономами существуетъ общее согласіе. Немногіе, можетъ быть, все еще держатся мнѣнія, что видимая поверхность представляетъ жидкую оболочку. Другіе думаютъ, что она чисто газообразная. Но подробности грануляціи, явленія пятенъ и факеловъ, подвижность и измѣнчивость клочковъ или хлопьевъ,—однимъ словомъ, всѣ наблюдаемыя явленія всего лучше согласуются съ теоріей, которая принята на этихъ страницахъ и составляетъ необходимое слѣдствіе гипотезы, что солнце состоитъ преимущественно изъ газа. Кажется, почти невозможно сомнѣваться, что фотосфера это — слой облаковъ. Что касается точнаго состава этого слоя, формы и величины составляющихъ облаковъ, заключенныхъ въ немъ химическихъ элементовъ, температуры и давленія, здѣсь открывается широкое поле для неопредѣленности и различія мнѣній. Большинствомъ усвоенъ взглядъ, котораго держался до сихъ поръ авторъ: облака образуются преимущественно благодаря сгущенію веществъ, наиболѣе замѣтныхъ въ солнечномъ спектрѣ; таковы—желѣзо и другіе металлы. Что касается формы облаковъ, обыкновенно допускается, что они имѣютъ видъ столбовъ: это — слѣдствіе восходящихъ теченій, которыя ихъ образуютъ. Вышина ихъ много больше, чѣмъ прочія измѣренія.

Профессоръ Хастингсъ предложилъ теорію нѣсколько иного рода. Она уже изложена на страницѣ 201. Эта теорія устраняетъ нѣкоторыя трудности принятаго ученія, хотя не избѣгаетъ другихъ, которыя кажутся не менѣе грозными.

Главная особенность теоріи Хастингса заключается въ допущеніи, что фотосферныя „облака" образуются чрезъ осажденіе или углерода, или кремнія, или бора (три члена группы углерода). Хастингсъ исключаетъ при этомъ другія вещества, у которыхъ точки кипѣнія ниже: они избѣгаютъ осажденія. Такихъ тѣлъ, у которыхъ точки кипѣнія выше, чѣмъ у этого фотосфернаго элемента, какъ можно назвать его, совсѣмъ не можетъ быть въ парообразной атмосферѣ: они подвергнутся осажденію раньше, чѣмъ достигнутъ видимой поверхности. Въ спектрѣ выступятъ линіи только такихъ элементовъ, у которыхъ точки кипѣнія ниже, чѣмъ у фотосфернаго вещества, которыя поэтому не подвергаются осажденію при температурѣ фотосферы. Вотъ почему линіи кремнія и прочихъ тѣлъ не появляются въ солнечномъ спектрѣ. Но замѣчаніе Хастингса нынѣ потеряло свою силу: болѣе поздніе труды Роланда и другихъ обнаружили существованіе линій углерода и кремнія. Линіи углерода оказались въ числѣ нѣсколькихъ сотъ; онѣ не были замѣчены, потому что лежатъ въ фіолетовой и ультрафіолетовой частяхъ спектра. Линіи кремнія рѣзки, но немногочисленны. Сразу видно, что, если этотъ взглядъ вѣренъ, температура фотосферы (при мѣстныхъ условіяхъ давленія) равна точкѣ кипѣнія кремнія, или углерода, или, вообще, веществъ, образующихъ облака. Можно сдѣлать такое возраженіе: если углеродъ, напримѣръ, осаждается на какой-нибудь спеціальной высотѣ или ниже нея, пары желѣза, натрія и всѣхъ другихъ солнечныхъ металловъ поднимутся выше нея и, въ свою очередь, найдутъ уровень и температуру, на которыхъ произойдетъ ихъ осажденіе. Слѣдовательно, фотосферныя облака будутъ содержать не одно вещество, а всѣ тѣ, которыя могутъ найти уровень и температуру для своего осажденія въ какомъ угодно мѣстѣ солнечной атмосферы. Какую-же форму должны имѣть хлопья? Если въ восходящемъ теченіи происходитъ послѣдовательное осажденіе различныхъ элементовъ на различныхъ уровняхъ и при различныхъ температурахъ, это обстоятельство повидимому должно произвести облака большого вертикальнаго протяженія: получится нѣчто въ родѣ столбовъ, какъ мы ихъ назвали. Профессоръ Хастингсъ нѣсколько колеблется въ этомъ; онъ отмѣчаетъ, что въ своихъ наблюденіяхъ не встрѣчалъ „ничего, что указывало-бы на форму столбовъ у гранулъ при обыкновенныхъ условіяхъ".

Относительно объясненія поглощающаго слоя, который помрачаетъ край солнца, и относительно теоріи солнечныхъ пятенъ и ихъ полутѣни приводимъ собственныя слова Хастингса:

„Осажденныя вещества быстро охлаждаются вслѣдствіе своей большой лучеиспускательной способности и образуютъ туманъ или дымъ, который медленно осѣдаетъ въ пространствахъ между гранулами, пока снова не улетучится. Этотъ дымъ и производитъ общее поглощеніе у краевъ диска и рисово-зернистое строеніе фотосферы.

„Гдѣ какое-нибудь возмущеніе стремится увеличить конвекціонное теченіе книзу, тамъ у внѣшней поверхности фотосферы начинается стремительное движеніе паровъ по направленію къ этой точкѣ. Эти горизонтальныя теченія или вѣтры увлекаютъ съ собой охлажденные продукты осажденія, которые, скопляясь на высотѣ, медленно стекаютъ книзу. Эта масса дыма образуетъ солнечное пятно.

„Конвекціонные токи, идущіе кверху, въ области пятенъ направлены центростремительными вѣтрами горизонтально. Процессъ лучеиспусканія и потеря теплоты идутъ довольно медленно; мѣста осажденія сильно удлинняются; такимъ образомъ,

область, непосредственно окружающая пятно, пріобрѣтаетъ характерное радіальное строеніе полутѣни.

„Это представленіе о природѣ полутѣни заключаетъ въ себѣ готовое объясненіе замѣчательнаго явленія, многократно засвидѣтельствованнаго самыми искусными наблюдателями. Насколько мнѣ извѣстно, оно осталось необъясненнымъ. Я говорю о блескѣ внутренняго края полутѣни въ каждомъ хорошо развитомъ пятнѣ.

„Это объясненіе, можетъ быть, легче всего понять изъ сравненія горячихъ конвекціонныхъ токовъ въ двухъ случаяхъ. Когда конвекціонный токъ поднимается



175. **Прокторъ**.

вертикально, среда охлаждается отъ расширенія, пока не достигнетъ температуры осажденія; тогда все способное сгущаться вещество появляется внезапно, развѣ только теплота, освободившаяся при сгущеніи, нѣсколько задержитъ процессъ. Сряду-же частицы становятся относительно темными вслѣдствіе излученія. Въ горизонтальныхъ теченіяхъ получается положеніе вещей совсѣмъ иного рода. Здѣсь среда охлаждается не динамически, не отъ расширенія, а только отъ излученія,—на практикѣ, отъ лучеиспусканія самихъ частицъ (потому что лучеиспусканіе твердыхъ частицъ неизмѣримо больше, чѣмъ лучеиспусканіе газовъ, которые ихъ поддерживаютъ). Такимъ образомъ, разъ появилась первая частица, она должна оставаться накаленною до послѣдней степени, пока не осядетъ все вещество, изъ котораго она составлена. Мы видимъ, что такое горизонтальное теченіе должно постепенно пріобрѣтать яркость

вплоть до максимума; тогда яркость должна мгновенно уменьшиться. Этотъ выводъ въ точности соотвѣтствуетъ наблюдавшимся фактамъ."

Уже въ предшествующей главѣ было отмѣчено мнѣніе, что слой, производящій общее поглощеніе у края солнца, составленъ изъ „дыма", т. е., изъ тѣхъ же самыхъ мельчайшихъ частицъ, которыя составляютъ фотосферу,—только здѣсь они остыли до относительной темноты. Насколько мы знаемъ, это—мысль новая и цѣнная, разъясняющая весьма много трудностей. Что нибудь подобное должно сопровождать фотосферу. При нѣкоторомъ размышленіи, это становится очевиднымъ. Насъ удивляетъ, какъ раньше эта мысль не приходила на умъ. Конечно, частицы, образовавшіяся отъ сгущенія, по крайней мѣрѣ, многія изъ нихъ будутъ увлечены восходящими потоками на значительную вышину надъ точкой ихъ образованія. Сильно охладившись, онѣ станутъ темными въ сравненіи съ яркимъ блескомъ нижнихъ областей,—точно такъ-же, какъ восходящія частицы углерода, не сгорѣвшія и остывшія, составляютъ дымъ пламени.

Что касается объясненія явленій, наблюдаемыхъ въ пятнахъ, мы не видимъ въ предположенной идеѣ никакой особенной выгоды. Согласно съ принятой теоріей, общій блескъ внутренняго края полутѣни произведенъ стеченіемъ свѣтящихся волоконъ; они горизонтальны вслѣдствіе внутренней тяги. „Луковичные" концы волоконъ встрѣчаются только случайно; вѣроятно, это—иллюзія, слѣдствіе „иррадіаціи". Какъ уже изложено на страницѣ 96, съ большимъ телескопомъ и при самыхъ лучшихъ оптическихъ условіяхъ эти „луковицы" принимаютъ видъ крайне блестящихъ „крючковъ". Далѣе, трудно, хотя, быть можетъ, возможно, примирить эту теорію, по которой потемнѣніе солнечнаго пятна производится „дымомъ", съ наблюденіями автора и Дюнера надъ спектромъ солнечнаго пятна (страница 101). Ихъ наблюденія, повидимому, показываютъ, что поглощающая среда—преимущественно газообразная. Можетъ статься, этотъ дымъ, какъ имѣется въ виду въ теоріи, будетъ уносить съ собой достаточное количество охлажденныхъ паровъ; такъ можно объяснить веретенообразныя, тѣсно расположенныя темныя линіи, обнаруженныя наблюденіемъ; что-же касается яркихъ линій, наблюдаемыхъ въ разныхъ мѣстахъ спектра, ихъ можно объяснить тѣмъ, что онѣ принадлежатъ газамъ верхнихъ областей.

Мысль, что углеродъ можетъ быть главною составляющею частью фотосферы, совсѣмъ не нова. Она была въ первый разъ серьезно выдвинута, думается намъ, Джонстономъ Стони въ Дублинѣ еще въ 1867 году; онъ руководился, главнымъ образомъ, физико-химическими соображеніями. Идея нашла горячаго защитника въ лицѣ сэра Роберта Болля въ его новой книгѣ „Story ot the Sun". Вполнѣ возможно, что возраженіе, основанное на низшей температурѣ сгущенія паровъ желѣза и другихъ металловъ, можно отклонить такими разсужденіями, которыя объясняютъ присутствіе извѣстнаго количества водяного пара надъ облаками въ нашей собственной атмосферѣ.

Относительно „обращающаго слоя" остается прибавить весьма немного. Локіеръ, правда, отрицаетъ его существованіе, т. е., отрицаетъ ту мысль, что надъ самою поверхностью фотосферы имѣется тонкій слой, въ которомъ возникаетъ большинство темныхъ линій солнечнаго спектра. Согласно со своею „диссоціаціонною теоріей", онъ полагаетъ, наоборотъ, что извѣстныя линіи, принадлежащія веществамъ, которыя наиболѣе близки къ элементарнымъ и молекулы которыхъ находятся въ состояніи крайней диссоціаціи, происходятъ только въ глубокихъ, самыхъ нижнихъ слояхъ

солнечной атмосферы, гдѣ температура всего выше. Другія линіи, принадлежащія парамъ съ болѣе сложными молекулами, зарождаются немного выше. Третьи линіи, принадлежащія самымъ сложнымъ молекуламъ, производятся лишь въ самыхъ высокихъ частяхъ солнечной атмосферы. Каждой высотѣ соотвѣтствуетъ ея собственное спеціальное семейство спектральныхъ линій.

Если мы отбросимъ эту теорію, какъ „недоказанную", получимъ результаты, не особенно далекіе отъ изложенныхъ.

Пары фотосферы и хромосферы не слѣдуетъ считать совершенно раздѣленными и отличными другъ отъ друга. Всѣ газы смѣшаны въ промежуткахъ между гранулами облаковъ фотосферы: неизвѣстное вещество, производящее зеленую линію въ спектрѣ короны, водородъ, кальцій и гелій, характеризующій хромосферу, металлическіе пары, придающіе обращающему слою его своеобразныя особенности,—всѣ они на извѣстной глубинѣ существуютъ вмѣстѣ, если только не допускать, что на нѣкоторой высотѣ образуются сложныя тѣла, которыя не могутъ существовать ниже, гдѣ господствуетъ бо̀льшій жаръ. Если отмѣчать различія между разными областями солнца, можно опредѣлить фотосферу, какъ слой, внутри котораго происходитъ осажденіе. Обращающій слой мы можемъ опредѣлить, какъ наиболѣе низкую область солнечной атмосферы, которая содержитъ приблизительно всѣ газы, указанные спектроскопомъ. Хромосферу можно опредѣлить, какъ область водорода, кальція и гелія, а корону—, какъ ту верхнюю область солнечной атмосферы, которая доступна наблюденію только во время солнечныхъ затменій. Но корональный газъ наиболѣе замѣтенъ и обиленъ какъ разъ въ фотосферѣ и обращающемъ слоѣ; то-же самое можно сказать и относительно водорода выступовъ.

Нужно напомнить еще одно: если на солнцѣ существуютъ какія-нибудь вещества, способныя подъ вліяніемъ теплоты разлагаться, мы должны встрѣтить ихъ въ высшихъ и болѣе холодныхъ областяхъ солнечной атмосферы. Въ фотосферѣ и близъ нея или подъ нею матерія должна быть въ самомъ элементарномъ состояніи.

Что касается механизма хромосферы и выступовъ, если можно употребить это выраженіе, многое еще остается неяснымъ. Правда, во многихъ случаяхъ, можетъ быть, въ большинствѣ случаевъ, формы и характеръ выступовъ удовлетворительно объясняются предположеніемъ, что нагрѣтый водородъ и присоединившіеся къ нему пары, вслѣдствіе сильнаго давленія выбрасываются изъ глубины вверхъ, въ болѣе холодныя области. Давленіе-же возникаетъ потому, что большія массы осажденной матеріи, образующей фотосферу, движутся внизъ, къ центру. Но, очевидно, это не все. Мы должны прибѣгнуть къ идеямъ различнаго порядка, чтобы объяснить сравнительно рѣдкіе, но всетаки многочисленные и вполнѣ достовѣрные случаи, когда вершины выступовъ въ теченіе нѣсколькихъ минутъ поднимались на вышину 300 000 или 500 000 километровъ; скорость восходящаго движенія доходила при этомъ до 160 километровъ въ секунду и болѣе.

Весьма смущаетъ также несомнѣнный фактъ, что облака, состоящія изъ вещества выступовъ, иногда собираются и образуются безъ всякой видимой связи съ нижней хромосферой. Совершенно такъ-же, повидимому, образуются облака въ земной атмосферѣ, когда сгущается паръ, невидимый раньше. Въ общемъ, это приводитъ, пожалуй, къ тому заключенію, что выступы отличаются отъ окружающей среды,

главнымъ образомъ, если не исключительно, по ихъ свѣченію; мы должны считать ихъ просто перегрѣтыми частями огромной атмосферы.

Но тогда мы сейчасъ же наталкиваемся на затрудненія, столь искусно поставленныя на видъ Лэномъ, Локіеромъ и другими. Если даже на высотѣ 160 тысячъ километровъ существуетъ водородъ чувствительной плотности, не слѣдуетъ-ли отсюда, что на поверхности фотосферы и плотность, и давленіе водорода должны быть очень велики. Но этого вывода никакъ нельзя примирить со спектральными явленіями, (конечно, если дѣйствіе тяжести на газы солнечной атмосферы не измѣнено на солнцѣ какою-нибудь отталкивательною силою). Что такая отталкивательная сила, по крайней мѣрѣ, мыслима, очевидно изъ характера кометныхъ хвостовъ; на это же указываютъ многія черты короны. Однако до сихъ поръ мы не въ состояніи утверждать что-нибудь опредѣленное объ ея природѣ и происхожденіи. Существуетъ задача, еще болѣе трудная, чѣмъ задача хромосферы. Я говорю о коронѣ. Мы знаемъ, что корона—явленіе преимущественно солнечное, что по величинѣ и значенію оно стоитъ на ряду съ самыми великолѣпными явленіями природы. Конечно, и эти знанія представляетъ уже нѣкоторый шагъ впередъ. Но до сихъ поръ еще не найдено удовлетворительнаго объясненія многихъ наиболѣе поразительныхъ подробностей. Корона, несомнѣнно, крайне сложна: матерія метеорная и матерія чисто солнечная, орбитальное движеніе, солнечное притяженіе, атмосферное сопротивленіе, дѣйствія тепловыя, электрическія и магнитныя—все это, вѣроятно, соединено въ ней.

Въ настоящее время самыми важными и фундаментальными задачами солнечной физики, настоятельно требующими рѣшенія, представляются намъ слѣдующія: 1) удовлетворительное объясненіе своеобразнаго закона вращенія солнечной поверхности, 2) объясненіе періодичности пятенъ и ихъ распредѣленія; 3) опредѣленіе измѣненій величины солнечнаго излученія въ различныя времена и въ различныхъ точкахъ солнечной поверхности; 4) удовлетворительное объясненіе отношеній газовъ и другихъ веществъ надъ фотосферой къ самому солнцу: задача короны и выступовъ; и 5) открытіе какой-нибудь разумной гипотезы относительно потери теплоты чрезъ лучеиспусканіе: такая гипотеза должна примирить наши представленія о возрастѣ солнца и о продолжительности его существованія въ будущемъ съ требованіями эволюціонной теоріи. Можно было-бы намѣтить много другихъ вопросовъ, представляющихъ, пожалуй, не меньшій интересъ; таковъ вопросъ о внутренней связи между земнымъ магнитизмомъ и положеніемъ солнечной поверхности. Но, въ общемъ, пять указанныхъ вопросовъ, кажется, именно тѣ, рѣшеніе которыхъ наиболѣе подвинетъ нашу науку. Мы не предполагаемъ, конечно, что ихъ рѣшеніе дастъ намъ возможность увидѣть конецъ или предѣлъ знанія. Каждый шагъ впередъ открываетъ передъ нами новый, болѣе широкій и болѣе великолѣпный горизонтъ. Но за этимъ горизонтомъ — опять безконечность.



Указатель.

ЗАМѢЧЕННЫЯ ОПЕЧАТКИ:

Стр.	*Строка.*	*Напечатано:*	*Нужно:*
89	подпись подъ рис.	1864 г.	1894 г.
169	7 сверху.	щлье	щель



ОТЗЫВЫ ПЕЧАТИ О ПЕРВОЙ КНИГѢ Общедоступной Научной Библіотеки

№ 1. „Клейнъ. Астрономическіе Вечера“. № 1.

Новости.

... „Переводъ, сдѣланный съ 4-го послѣдняго изданія подъ редакціей Пятницкаго, обильно дополненъ выдержками изъ трудовъ многихъ выдающихся ученыхъ. Дополненія эти просмотрѣны проф. Глазенапомъ. Такимъ образомъ, въ русской переработкѣ, книга необычайно обогатилась со стороны содержательности. Это богатое содержательностью русское изданіе пріобрѣтаетъ особую привлекательность, благодаря цѣлесообразной прибавкѣ обильнаго количества роскошныхъ иллюстрацій (въ нѣмецкомъ текстѣ 5 рисунковъ, въ русскомъ болѣе 300!). Вся эта роскошно изданная книга наполнена хорошими портретами знаменитыхъ ученыхъ, пояснительными рисунками, цвѣтными фигурами и картами. Замѣтимъ, что книга извѣстнаго астронома Клейна, выдержавшая 4 изданія, чрезвычайно удачно выбрана, какъ предметъ перевода, точнѣе—переработки. Авторъ, благодаря глубокому знанію дѣла, выдающимся художественнымъ дарованіямъ, соединеннымъ съ разумнымъ педагогическимъ тактомъ, съумѣлъ въ поэтической, философски окрашенной, но вмѣстѣ съ тѣмъ въ совершенно общедоступной формѣ придать своему изложенію живой, захватывающій интересъ.

„Первыя 12 главъ этой книги носятъ, по преимуществу, чисто историческій характеръ. Остальныя 17 главъ по своему содержанію дѣлятся на двѣ главныхъ части: одна посвящена изученію солнечной системы, другая—звѣздной. Эти главы составляютъ полный систематическій курсъ описательной астрономіи, снабженной всѣми новѣйшими интересными изысканіями въ области этой науки...

„Изданіе Поповой—„Астрономическіе вечера“, безукоризненное въ стилистическомъ отношеніи—и къ тому-же сравнительно весьма дешевое (2 рубля)—несомнѣнно является украшеніемъ нашей популярной астрономической литературы“.

Биржевыя Вѣдомости.

„Профессоръ Клейнъ по справедливости считается рядомъ съ Фламмаріономъ самымъ выдающимся популяризаторомъ астрономической науки.... Разсматриваемая книга уже не въ первый разъ появляется по-русски: лѣтъ пять тому назадъ она вышла въ первомъ изданіи, нынѣ уже разошедшемся, а въ прошломъ году ее издали въ Москвѣ, но такое прекрасное изданіе, какъ настоящее, появляется впервые. Главное достоинство изданія составляютъ иллюстраціи, которыхъ несравненно больше въ русскомъ изданіи, чѣмъ въ нѣмецкомъ, при этомъ нѣсколько таблицъ въ краскахъ. Переводъ сдѣланъ хорошимъ и доступнымъ языкомъ. Редакторъ его сдѣлалъ массу своихъ дополненій по новѣйшимъ изслѣдованіямъ“.

Новое Время.

„Недавно вышло второе русское изданіе прекрасной книги Клейна. Оно далеко выше перваго изданія, которое въ свое время было отмѣчено библіографіей, какъ одна изъ лучшихъ книгъ нашей популярно-научной литературы. Дѣйствительно, передать точные выводы науки въ живомъ полномъ интереса разсказѣ—дѣло не легкое. Клейнъ прекрасно справился съ этой трудною задачею....

Переводъ сдѣланъ съ четвертаго нѣм. изданія, появившагося въ ноябрѣ 1897 года. Оно значительно переработано и дополнено самимъ авторомъ. Нѣкоторыя главы написаны заново; такова глава о Бесселѣ. Изложены важнѣйшія завоеванія, сдѣланныя въ области астрономіи за послѣдніе годы. Открытіе пятаго спутника Юпитера (1892 г.), работы Кэмпбелля относительно строенія колецъ Сатурна (1895 г.), новѣйшія данныя относительно столкновенія звѣздъ, происхожденія туманностей, температуры солнца и звѣздъ, успѣхи астрофотографіи—все это нашло себѣ мѣсто въ книгѣ Клейна; все это изложено ясно, живо и талантливо...

Желая сдѣлать книгу доступною самому широкому кругу читателей, русская редакція внесла дѣльныя дополненія. Въ нихъ освѣщены вопросы, пропущенные въ нѣмецкомъ оригиналѣ. Дополненія занимаютъ добрую треть книги. Особенно цѣнны, на нашъ взглядъ, такія дополненія, какъ изложеніе основаній спектральнаго анализа и разъясненіе законовъ Кеплера и Ньютона. Читатель знакомится здѣсь не только съ выводами, но и съ методами научнаго изслѣдованія; это—элементъ, необходимый, по нашему глубокому убѣ-

Рисунокъ изъ книги.

Клейнъ. Астрономическіе Вечера.



Ночь на поверхности луны.

Съ картины Кранца.

Долины во мракѣ. Вершины горъ освѣщены солнцемъ. На совершенно черномъ небѣ громадный серебристый дискъ нашей земли. На лѣвой сторонѣ его можно различить темный кружокъ; это—конецъ тѣни, отброшенной луною; въ этой точкѣ земной поверхности наблюдается солнечное затменіе.

жденію, для всякой хорошей популярной книги.... Хорошо написанныя, помѣщенныя на мѣстѣ дополненія не пестрятъ книги: они сливаются съ текстомъ Клейна, и только звѣздочки, замыкающія каждое дополненіе, указываютъ на работу редакціи.

„Замѣтно, что приложено много труда и на подборъ рисунковъ. Въ нѣмецкомъ изданіи ихъ 5, въ русскомъ—болѣе 300, изъ нихъ до 50 портретовъ великихъ изслѣдователей неба. Благодаря этому, облегчается усвоеніе, и достигается ясность, представленія становятся яркими, отчетливыми и жизненными".

Правительственный Вѣстникъ.

... „Насколько эта книга удовлетворяетъ потребностямъ, можно судить по тому, что она является вторымъ изданіемъ... Благодаря дополненіямъ, сдѣланнымъ въ новомъ изданіи, книга въ русскомъ изданіи имѣетъ бо̀льшую цѣну, чѣмъ нѣмецкій оригиналъ... Добавленія составляютъ цѣлый курсъ астрономіи, а для читателя-неспеціалиста—прекрасную справочную книгу. Клейнъ, выпуская въ свѣтъ свою книгу, говоритъ: „пусть эта книга доставитъ высокой наукѣ о небѣ новыхъ друзей, поклонниковъ и работниковъ". Русскій, болѣе полный, чѣмъ оригиналъ, переводъ будетъ содѣйствовать исполненію желаній автора среди многочисленной читающей публики въ Россіи.

Міръ Божій.

... „Клейнъ—идеальный популяризаторъ: его изложеніе всегда замѣчательно ясно, строго научно, занимательно и картинно. Чтобы написать книгу, подобную „Астрономическимъ Вечерамъ", нужно быть и ученымъ-спеціалистомъ, и широко-образованнымъ человѣкомъ, и художникомъ, мало этого—нужно вѣрить въ значеніе и силу популяризаціи и считать ее дѣломъ не менѣе важнымъ, чѣмъ самостоятельныя научныя изслѣдованія... Такія книги, какъ „Астрономическіе Вечера" Клейна,—все еще исключеніе...

„Дополненія сдѣланы съ большимъ знаніемъ дѣла...

„Изданы „Астрономическіе Вечера" роскошно, особенно если принять во вниманіе сравнительно небольшую цѣну и довольно большой объемъ книги (412 стр.). Но что особенно увеличиваетъ цѣнность русскаго изданія—это громадное количество иллюстрацій: въ нѣмецкомъ оригиналѣ ихъ всего 5, а въ изданіи г-жи Поповой 300 слишкомъ, изъ нихъ 4 цвѣтныхъ таблицы, 9 картъ и 47 портретовъ; выбраны эти иллюстраціи съ большимъ умѣньемъ; кто знаетъ, какъ трудно иногда подобрать хорошіе рисунки къ тексту, тотъ вполнѣ оцѣнитъ трудъ г. редактора.

„Переводъ сдѣланъ прекрасно, забываешь, что предъ тобой переводная книга".

Волжскій Вѣстникъ.

... Эта прекрасная книга, очевидно, возбудила серьезный интересъ публики, такъ какъ выходитъ въ свѣтъ третьимъ, если не четвертымъ, изданіемъ. Надо отдать справедливость г-жѣ Поповой: ея изданіе и полнѣе и изящнѣе всѣхъ прочихъ.

Енисей.

... „Астрономическіе Вечера" имѣетъ своею цѣлью „дать занимательное чтеніе тѣмъ, кто, не обладая большой подготовкой, хотѣлъ бы ознакомиться въ общихъ чертахъ съ величіемъ вселенной и обогатить свой умъ возвышенными идеями".... Цѣль достигнута книгою вполнѣ. Всякій, прочитавъ „Астрономическіе Вечера" Клейна, можетъ составить себѣ ясное, точное и научно построенное представленіе о вселенной, одной изъ небольшихъ частичекъ которой является наша земля...

... Настоящую книгу,—какъ написанную прекраснымъ языкомъ и составленную исключительно по даннымъ, полученнымъ астрономами при помощи телескопа, спектроскопа и фотографіи,—можно рекомендовать пріобрѣсти библіотекамъ учебныхъ заведеній, а также всѣмъ желающимъ получить вѣрное понятіе о настоящемъ, прошедшемъ и предполагаемомъ будущемъ всей вселенной, въ частности—нашей земли".

Донъ.

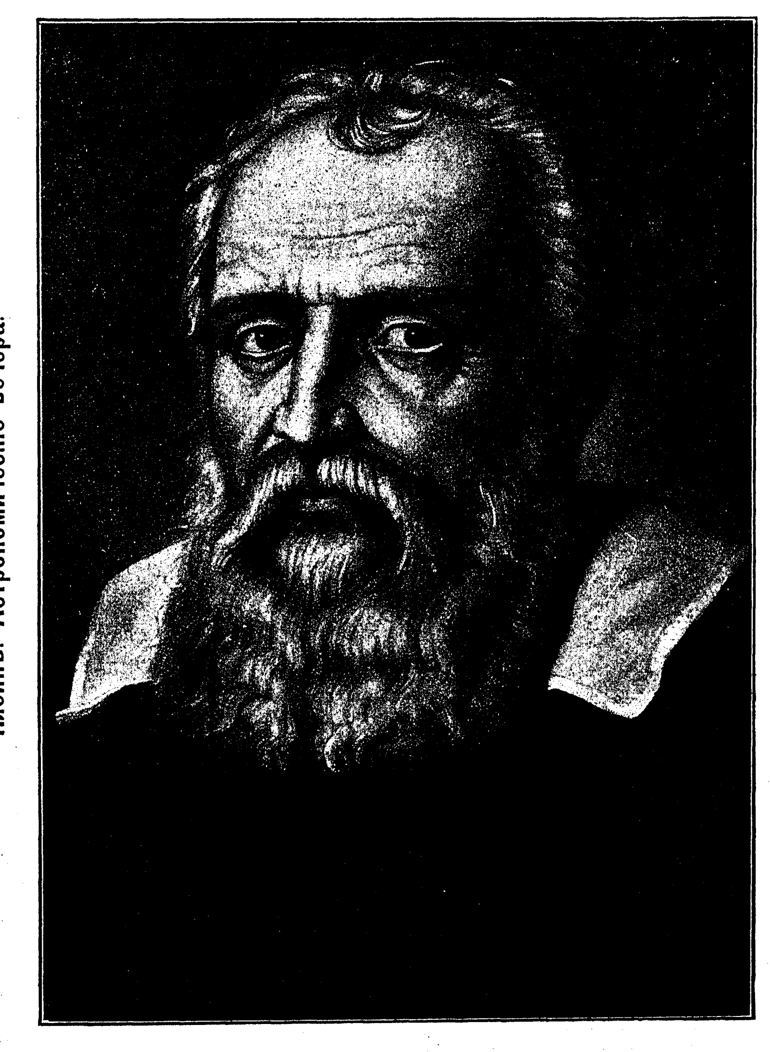
... „Издана книга очень опрятно, почти роскошно.

... Содержаніе книги чрезвычайно интересно и написано общедоступно, безъ обилія спеціальныхъ выраженій и терминовъ.. Для многихъ библіотекъ и читаленъ—по нашему мнѣнію—пріобрѣтеніе этой книги будетъ не лишнимъ".

Образованіе.

„Настоящее изданіе является третьимъ на русскомъ языкѣ. Этотъ фактъ уже самъ по себѣ косвенно указываетъ на достоинства книги. Дѣйствительно, книга прекрасная. Она написана увлекательно, но безъ излишнихъ фантастическихъ мечтаній. и можетъ быть рекомендована, какъ хорошее пособіе для публичныхъ и классныхъ чтеній. Съ особеннымъ мастерствомъ оттѣнена авторомъ философская сторона дѣла, причемъ послѣдовательный ходъ развитія нашего міровоззрѣнія изображенъ главнымъ образомъ въ очеркахъ изъ жизни нѣкоторыхъ знаменитыхъ астрономовъ...

Портретъ изъ книги
Клейнъ. Астрономическіе вечера.



Галилей.

„...Только-что появившееся изданіе снабжено дополненіями изъ сочиненій извѣстныхъ ученыхъ... Число рисунковъ въ немъ болѣе 300, причемъ 4 таблицы напечатаны въ краскахъ. Нѣкоторые изъ этихъ рисунковъ достаточно хорошо выполнены, другіе по своему содержанію интересны, поучительны или новы. Такъ мы можемъ, напримѣръ, отмѣтить: снимки съ бюста Пиѳагора и медали Гиппарха, останки 40-футоваго телескопа В. Гершеля, видъ обсер-

ваторіи въ Ниццѣ, видъ обсерваторіи Іеркса, восхожденіе на Монбланъ, солнечное затменіе на поверхности луны по Nasmyth'у, прекрасный портретъ Hall'я, чертежъ, иллюстрирующій распредѣленіе планетоидовъ, портретъ В. Струве и др.

„Изъ особенностей изданія является также то, что переводъ его сдѣланъ съ послѣдняго (4-го) нѣмецкаго изданія, вышедшаго только въ ноябрѣ 1897 года, въ сноскахъ указана обширная астрономическая литература.

„Цѣна книги назначена болѣе, чѣмъ умѣренная, что обѣщаетъ ей широкое распространеніе. Отъ души желаемъ ей успѣха"...

Харьковскія Вѣдомости.

... „Первый выпускъ „Общедоступной научной библіотеки" безукоризненъ и по выбору, и по изданію. Это—„Астрономическіе Вечера" Клейна. Астрономія, одна изъ интереснѣйшихъ и величавыхъ наукъ, почему-то пользуется въ русской публикѣ репутаціей чего-то неприступнаго, познаваемаго лишь избранниками. Книга Клейна вполнѣ разубѣдитъ каждаго держащагося этого страннаго взгляда".

Саратовскій Дневникъ.

... Изданіе О. Н. Поповой имѣетъ много преимуществъ надъ прежнимъ русскимъ изданіемъ журнала „Міръ Божій", такъ какъ переводъ сдѣланъ съ послѣдняго нѣмецкаго изданія, переработаннаго самимъ авторомъ и снабженъ многими дополненіями изъ лучшихъ сочиненій по популярной астрономіи.

... Огромное же преимущество новаго изданія Клейна состоитъ въ массѣ рисунковъ. Пріятною въ немъ новинкою, между прочимъ, является коллекція портретовъ выдающихся астрономовъ всѣхъ временъ и народовъ.

... Можно смѣло рекомендовать книгу Клейна и „большой публикѣ", которая найдетъ въ ней, кромѣ хорошаго изложенія началъ астрономіи, еще много прекрасныхъ страницъ изъ исторіи умственнаго развитія человѣчества. Изложеніе вполнѣ литературное и доступное.

... Въ виду внутреннихъ достоинствъ книги Клейна, ея обширности (400 страницъ большого формата) и массы рисунковъ—цѣна ея вовсе не дорога".

Журналъ Министерства Народнаго Просвѣщенія.

„Нельзя было сдѣлать лучшаго выбора для популяризаціи астрономіи, какъ изданіе вышеназванной книги Клейна; ее смѣло можно назвать образцовою во всѣхъ отношеніяхъ. Чтобы написать такую превосходную и общепонятную книгу, надо обладать не только глубокимъ знаніемъ, но и большимъ педагогическимъ и литературнымъ талантомъ. Все содержащееся въ ней изложено съ такою замѣчательною ясностью и увлекательностью, что даже сложные законы и глубокія идеи будутъ не затруднять читателя, а вызывать въ немъ сильнѣйшій интересъ къ астрономіи. Знатокъ астрономіи не можетъ не удивляться искусству, съ какимъ авторъ обошелъ всѣ препятствія, исключилъ техническую или узко-утилитарную часть, а сосредоточилъ все вниманіе на философской сторонѣ науки и рельефно изобразилъ исторію прогресса человѣческой мысли, послѣдовательный и все болѣе и болѣе ускоряющійся ходъ ея проникновенія въ тайны мірозданія...

„Исторію астрономіи Клейнъ изложилъ въ видѣ ряда біографій знаменитѣйшихъ творцовъ этой науки. Въ краткихъ очеркахъ авторъ съ необыкновеннымъ искусствомъ изображаетъ геніальныхъ дѣятелей, ихъ страстное исканіе истины, сущность и величіе достигнутыхъ результатовъ, а потому вполнѣ справедливо мнѣніе, что въ „Астрономическихъ вечерахъ" Клейна **совмѣщены два цѣнныхъ элемента: образовательный и воспитательный.**

„Книгѣ этой предстоитъ весьма широкое распространеніе. Она содержитъ **богатый матеріалъ для публичныхъ чтеній**, должна составлять необходимую принадлежность каждой удовлетворительно организованной **библіотеки**, а для **обучающихся космографіи** будутъ служить превосходнымъ пособіемъ, и въ особенности необходима тамъ, гдѣ на этотъ предметъ удѣлено весьма мало времени. Чтеніе этой книги не только не будетъ обременять умъ любознательнаго ученика, но будетъ для него какъ бы пріятнымъ отдыхомъ отъ утомительныхъ классныхъ работъ; а между тѣмъ она уяснитъ ему изучаемый имъ краткій курсъ и пополнитъ пробѣлы. Можно смѣло сказать, что извлеченныя ученикомъ изъ этой книги свѣдѣнія будутъ прочнѣе и плодотворнѣе тѣхъ, которыя онъ могъ бы извлечь даже изъ весьма подробныхъ учебниковъ космографіи"

ОБЩЕДОСТУПНАЯ НАУЧНАЯ БИБЛІОТЕКА:

№ 2. Клейнъ. ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ и БУДУЩЕЕ ВСЕЛЕННОЙ. № 2.

Изъ предисловія книги:

„**Какъ образовались** миріады свѣтилъ, разсѣянныхъ въ безконечномъ пространствѣ? Какую **исторію развитія** переживаютъ они? Какая судьба ждетъ ихъ въ грядущемъ? Существуетъ-ли **жизнь** на другихъ небесныхъ тѣлахъ?—Вотъ вопросы, интересующіе каждаго мыслящаго человѣка.

„Недавно еще полагали, что такіе вопросы лежатъ за предѣлами точнаго знанія. По мнѣнію автора, это время прошло. За послѣднія десятилѣтія наука сдѣлала громадныя завоеванія. „Космогонія перестала быть ареною произвольныхъ предположеній. Теперь у пей прочный фундаментъ. На немъ можно вывести величественное зданіе, которому не страшны вѣка. Отдернута завѣса, скрывавшая отъ взоровъ изслѣдователя главные моменты прошлаго и будущаго вселенной“... Нѣтъ нужды ограничиваться **описаніемъ** вселенной; можно перейти къ ея **исторіи**.

„Изложить главныя пріобрѣтенія науки въ вопросѣ о **судьбахъ вселенной** — такова цѣль настоящаго сочиненія“...

Содержаніе книги:



Рисунокъ изъ книги **Клейнъ. Прошлое, настоящее и будущее вселенной.**

Огненный дождь у береговъ Флориды.

Рисунокъ изъ книги
Клейнъ. Прошлое, настоящее и будущее вселенной.

Рефракторъ Іеркеса.

Считается величайшимъ въ мірѣ: поперечникъ объектива—40 дюймовъ.

Изданіе О. Н. ПОПОВОЙ.

К. ГУГО.

НОВѢЙШІЯ ТЕЧЕНІЯ ВЪ АНГЛІЙСКОМЪ ГОРОДСКОМЪ САМОУПРАВЛЕНІИ

(Städte-Verwaltung und Minicipal—Sozialismus in England).

Переводъ съ нѣмецкаго подъ редакціей **Д. Протопопова.**

Содержаніе: Глава I. Введеніе.—II. Исторія англійскихъ муниципалитетовъ.—III. Исторія самоуправленія Лондона. — IV. Совѣтъ лондонскаго графства. — V. Задачи городовъ въ области общественной гигіены. — VI. Пожарное и страховое дѣло. — VII. Рынки. — VIII. Снабженіе газомъ. — IX. Электрическое освѣщеніе. — X. Снабженіе гидравлической силой. — XI. Городскіе трамваи.—XII. Телефоны.—XIII. Народныя библіотеки. — XIV. Музеи, галлереи и художественныя школы.—XV. Техническія школы. XVI. Отношеніе къ рабочему вопросу.—XVII. Реформа городского обложенія.—XVIII. Заключеніе.

СПБ. 1898 г. Цѣна 1 руб. 50 к. 379 стр. 8°.

—— **Продается въ конторѣ изданій и во всѣхъ большихъ магазинахъ.** ——

«Для правильной характеристики современнаго состоянія самоуправленія городовъ и для объясненія его развитія требуется, конечно, указаніе и анализъ тѣхъ общихъ причинъ, которые приводили къ измѣненію характера городскаго самоуправленія и которыя создали его современное состояніе. К. Гуго прекрасно справился съ этой задачей, при каждомъ случаѣ характеризуя тѣ общія экономическія причины, которыя вели къ тому или иному измѣненію въ городскомъ самоуправленіи. На исторіи городского сомоуправленія авторъ наглядно показалъ, какимъ образомъ противорѣчія капиталистическаго строя, даже при полномъ господствѣ капиталистическихъ отношеній, приводятъ въ концѣ концовъ къ необходимости обобществленія наиболѣе крупнаго производства, конечно, на капиталистическихъ началахъ, такъ какъ это обобществленіе совершается той-же буржуазіей и лишь тогда, когда интересы небольшой группы крупныхъ предпринимателей сталкиваются съ интересами несравненно бо́льшей группы буржуазіи».

Книга читается очень легко и можно лишь пожелать, чтобы она нашла наиболѣе широкій кругъ читателей».

(Отзывъ „Трудовъ Императорскаго Вольнаго Экономическаго Общества")

ФИНЛЯНДІЯ.

Подъ редакціей **Д. Протопопова.**

р и участіи **И. Андреева** (псевд.), **В. Валлйна, Г. В., А. Гранфельта, О. э ундстрёма, Г. К—на, Я. Клерикуса** (псевд.), **К. Лейно, Neuter** (псевд.), . **Протопопова, В. Скалона, І. Тикканена,** г-жи **Т. Хультйнъ, Т. Форселля,** Г-жи **М. Фрибергъ и Э. Эркко.**

Содержаніе: Географическій очеркъ. — Политическое положеніе Финляндіи и „Финляндскій вопросъ".—Законодательство, управленіе и судъ. — Церковное устройстно и религіозныя движенія. — Финансы.— Промышленность и торговля.—Сельское хозяйство.—Сельское населеніе.— Рабочіе. — Среднее образованіе. — Національное движеніе и партіи. — Общественная жизнь.— Періодическая печать.—Низшее образованіе.—Университетъ и студенческая жизнь. —Наука.— Литература.—Искусство.—Борьба съ пьянствомъ.—Призрѣніе бѣдныхъ.

51 иллюстрація (виды Финляндіи, группы жителей, портреты выдающихся дѣятелей и писателей, картины финскихъ художниковъ и т. п.).

СПБ. 1898 г. Цѣна 3 руб. 50 коп.

Цѣль книги — познакомить русскаго читателя съ этой **своеобразной страной**; о ней еще мало знаютъ въ Россіи отчасти потому, что по-русски не существуетъ общедоступнаго описанія Финляндіи. Между тѣмъ, эта страна представляетъ значительный интересъ уже въ силу ея **быстраго промышленнаго развитія и роста націоналистическаго движенія,** въ форму котораго здѣсь должно было облечься пробужденіе общественнаго самосознанія. Книга можетъ оказаться полезной и для тѣхъ русскихъ, которые теперь все болѣе начинаютъ **лѣтомъ посѣщать** Финляндію; эти лица часто жалуются на отсутствіе работы, которая давала бы представленіе о странѣ.

Изданія О. Н. Поповой.

Образовательная Библіотека.

Изданіе это выходитъ серіями, по одной въ годъ, заключающими каждая 10 книжекъ по 7—12 печатныхъ листовъ небольшого формата плотной печати.

Серія 1898 г.



Вышли изъ печати.

№ 1 **ЧЕМБЕРСЪ. Солнечная система.** Перев. съ англійскаго В. Щиглевой подъ ред. Н. Березина. Съ 78 рис. Ц. 40 к.

№ 2. **ПАРВУСЪ. Міровой рынокъ и сельско-хозяйственный кризисъ.** (Der Weltmarkt und die Agrar Krisis.). Экономическіе очерки. Переводъ съ нѣмецкаго Л. Я. Ц. 40 к.

Печатаются и скоро выйдутъ въ свѣтъ.

ГИГГСЪ. Физіократы.
МИЛЬТАЛЕРЪ Что такое красота? Введеніе въ эстетику. **Пер. З. Венгеровой.**
БОЛИНЪ. Спиноза. Пер. З. Журавской.
ЛАНГЛУА и СЕНЬОБОСЪ Введеніе въ изученіе исторіи.
ГУМПЛОВИЧЪ. Основанія соціологіи. Подъ ред. привать-доцента. **В. Гессена.**
РИСЪ-ДЕВИДСЪ, БУДДИЗМЪ, Пер. подъ редакціею проф. С. Ф. Ольденбурга.

Цѣна по подпискѣ за всю серію 4 р., съ перес. 5 р.

Подписка принимается **Спб. Невскій 54.** Книжный магазинъ и складъ изданій **О. Н. Поповой.**

Тамъ же продается серія «**Образовательной Библіотеки**» 1897 г.

№ 1 и 2. **Э. КЛОДДЪ.** три сочиненія: **Картина міра** (обозрѣніе жизни земли, какъ цѣлаго, развитія растительнаго и животнаго міра и краткое изложеніе эволюціонной теоріи). **Дѣтство человѣчества** (сжатый очеркъ доисторическаго быта и человѣческой культуры). **Піонеры эволюціи XIX в.** (заключительныя главы извѣстнаго сочиненія Эд. Клодда, вышедшаго въ 1897 г.; въ нихъ излагается преемственная связь и постепенное развитіе эволюціонной теоріи въ сочиненіяхъ главнѣйшихъ представителей ея: Уоллеса, Дарвина, Спенсера и Гексли). Всѣ три части представляютъ убористый томъ въ 488 стр. съ 93 рис. Цѣна въ отдѣльной продажѣ 1 р.

№ 3. **Д. ЧЕМБЕРСЪ. Повѣсть о звѣздахъ** — (обозрѣніе современныхъ свѣдѣній о небѣ за исключеніемъ **солнечной системы**), иллюстрированное 20 рис. и 2 картами всего звѣзднаго неба. 132 стр. Ц. въ отдѣльной прод. 40 к.

Учен. Комит. М. Нар. Просв. **рекомендована** для іученич. библіотекъ (старш. и средн. возр.) средн. учебн. заведеній, мужскихъ и женскихъ, и для безплатн. народн. библіотекъ и читаленъ.

№ 4 и 5. **Н. КАРЫШЕВЪ. Трудъ, его роль и условія приложенія въ производствѣ.** Сочиненіе это, написанное спеціально для «Образовательной Библіотеки», представляетъ всестороннее популярное разсмотрѣніе одного изъ главнѣйшихъ факторовъ промышленной жизни. Объемистый томъ въ 600 стр. Ц. въ отд. прод. 1 р. 20 к.

№ 6 и 7. **А. ЛАМПА**. **Силы природы и естественные законы**. Популярное изложеніе физическихъ законовъ въ связи съ жизнью вселенной. Особенное вниманіе авторъ посвящаетъ электричеству. Всѣ отдѣлы физики: механика, теплота, свѣтъ, электричество (электрическая теорія свѣта). Часть I. (№ 6). 200 стр., съ портретами: Ньютона, Галилея, Кавендиша, Фарадея, Гельмгольца, Лапласа и Канта. Цѣна въ отд. прод. 50 к. Часть II (№ 7), 230 стр., съ портретами: Тиндаля, Джоуля, Бунзена, Максвелля, Кельвина, Сименса, Герца и Рентгена. Ц. въ отд. прод. 50 к.

Учен. К. М. Н. Пр. признана заслуживающей **особой рекомендаціи** для фундам. и ученич., старш. возр., библ. мужск. гимназій и реальн. училищъ, для фундам. библ. женск. гимн. и учит. институтовъ и семинарій, а также для безпл народн. библ. и читаленъ.

№ 8 и 9. **СѢЧЕНОВЪ. И.** — **Физіологическіе очерки**. *Часть I.* Естественная группировка жизненныхъ процессовъ. — Кровь. — Движеніе крови. — Устройство лимфатической системы. — Пищевареніе. — Дыханіе. — Пластическіе процессы въ тѣлѣ. — Животная теплота. Съ 15-ю рис. Ц. 60 к. *Часть II.* Физіологія двигательныхъ снарядовъ. — Ходьба.—Рѣчь. — Физіологія нервной системы. —Свойство нервовъ. Защитительный снарядъ кожи. — Нервные механизмы дыхательныхъ движеній.—Инервація актовъ ходьбы. — Функція полушарій. — Органы чувствъ. — Органы зрѣнія. — Осязаніе какъ чувство, соотвѣтствующее зрѣнію. — Органы слуха.— Заключеніе. Съ 101 рис. Ц. 90 к.

№ 10. **КРОНЕНБЕРГЪ. Философія Канта и ея значеніе въ исторіи развитія мысли.** Сочиненіе Кроненберга состоитъ изъ 2-хъ частей: въ 1-й вкратцѣ излагается жизнь Канта, часть вторая представляетъ необыкновенно ясное и понятное изложеніе философскаго ученія Канта и разсмотрѣніе вліянія его на послѣдующее развитіе философской мысли. 120 стр., съ порретомъ Канта. Ц. въ отд. прод. 40 к.

Цѣна серіи 1897 г. 4 р., съ перес. 5 р.

При розничной продажѣ учащимся 20% уступки.

НОВОЕ ИЗДАНІЕ СОЧИНЕНІЙ

ЧАРЛЬЗА ДАРВИНА.

Въ это изданіе, кромѣ двухъ томовъ, вышедшихъ въ 1896 году, войдутъ еще два дополнительныхъ тома.

СОСТАВЪ НОВАГО ИЗДАНІЯ:

Томъ I. (Вышелъ изъ печати). **Автобіографія Ч. ДАРВИНА**. Перев. проф. **А. ТИМИРЯЗЕВА.**—**Путешествіе вокругъ свѣта на кораблѣ Бигль.** Перев. подъ редакціей профессора **А. БЕКЕТОВА**. — **Теорія происхожденія видовъ путемъ естественнаго подбора.** Переводъ профессора. **К. ТИМИРЯЗЕВА.**

Томъ II. (Выйдетъ въ ноябрѣ). **Происхожденіе человѣка и половой подборъ.** Переводъ профессора **И. СѢЧЕНОВА**. — **О выраженіи ощущеній у человѣка и животныхъ** Переводъ подъ редакціей академика **А. О. КОВАЛЕВСКАГО**. Цѣна за 2 тома по подпискѣ 3 р., съ перес. 4 р. По выходѣ II-го тома подписка прекратится. Цѣна 4 р. 50 к.

Томъ III. **Прирученныя животныя и воздѣланныя растенія.** Переводъ **А. О. КОВАЛЕВСКАГО**, для новаго изданія переработанный профессоромъ **М. А МЕНЗБИРОМЪ** и профессоромъ **К. А. ТИМИРЯЗЕВЫМЪ.**

Томъ IV. **Приспособленія орхидныхъ къ оплодотворенію насѣкомыми.— Лазящія растенія. — Насѣкомоядныя растенія.** — Переводъ подъ редакціей проф. **К. А. ТИМИРЯЗЕВА.—Участіе дождевыхъ червей въ образованіи растительнаго слоя почвы.**

Предпринятое нами въ 1895—96 гг. изданіе сочиненій **Ч. ДАРВИНА** разошлось меньше чѣмъ въ $1^1/_2$ года. Такой крупный успѣхъ, указывающій на постоянно возростающій въ русскомъ обществѣ интересъ къ естествознанію, заставляетъ предполагать, что и другія работы **Ч. ДАРВИНА**, представляющія детальную разработку общихъ идей, выраженныхъ въ его «Происхожденіи видовъ», также найдутъ себѣ читателей. Это побудило насъ, приступая къ новому изданію сочиненій **Ч. ДАРВИНА**, прибавить къ двумъ томамъ 1-го изданія еще два новыхъ тома.

Подписная цѣна на все изданіе 6 р., съ пересылкой 8 р.

ДОПУСКАЕТСЯ РАЗСРОЧКА:

	Безъ пересылки:	Съ пересылкой:
1-ый взносъ	2 р.	2 р.
2-ой » (по полученіе I-го тома).	1 р.	2 р.
3-ій » (» » II-го »).	2 р.	2 р.
4-ый » (» » III-го »).	1 р.	2 р.
Итого.	6 р.	Итого 8 р.

IV-й томъ высылается безплатно.

Желающіе подписаться только на 2 тома (I-ый и II-ой или III-ій и IV-ый) вносятъ при первомъ взносѣ 2 р., при второмъ (по полученіи I-го или III-го тома) 1 руб., съ пересылкой 2 руб.

Изданія О. Н. Поповой.

Бертранъ, Луи. Общества взаимной помощи въ Бельгіи. Переводъ съ французскаго. Спб. 1898 г. Ц. 60 к.

Бунинъ, И. «На край свѣта».— и др. разсказы. Спб. 1897 г. Ц. 1 р.

Бѣлинскій, В. Г. Избранныя сочиненія. Съ портретомъ Бѣлинскаго и факсимиле, и съ приложеніемъ указателей предметнаго и личнаго, съ предисловіемъ и вступительной статьей *Н. Котляревскаго*, преподавателя исторіи литературы на высшихъ Спб. женскихъ курсахъ. Въ 2-хъ томахъ (828+914) Цѣна 1 р. 2) к. за томъ.

Гобсонъ. Эволюція современнаго капитализма. Пер. съ англійск. съ предисловіемъ автора, написаннымъ для русскаго изданія. Спб. 1898 г. Ц. 1 р. 50 к.

К. Гуго. Новѣйшія теченія въ англійскомъ городскомъ самоуправленіи. Переводъ съ нѣмецкаго подъ редакціей *Д. Протопопова.* Содержаніе: Глава I.—Введеніе.—II. Исторія англійскихъ муниципалитетовъ.—III. Исторія самоуправленія Лондона.—IV. Совѣтъ лондонскаго графства.—V. Задачи городовъ въ области общественной гигіены.—VI. Пожарное и страховое дѣло.—VII. Рынки.—VIII. Снабженіе газомъ.—IX. Электрическое освѣщеніе. — X. Снабженіе гидравлической силой.—XI. Городскіе трамваи.—XII. Телефоны.—XIII. Народныя библіотеки.—XIV. Музеи, галлереи и художественныя школы.—XV. Отношенія къ рабочему вопросу.—XVI. Реформа городского обложенія.—XVII. Заключеніе. Спб. 1898 г. Ц. 1 р. 50 коп.

Деморъ, Массаръ и Фандерфельде. Регрессивная эволюція въ біологіи и соціологіи. Перев. съ франц. подъ ред. Д. Коропчевскаго и В. Фаусека. Спб. 1898 г Ц. 1 р. 25 к.

Дитятинъ И. **Статьи по исторіи русскаго права.** Цѣна 2 р. 50 к.

Добролюбовъ, Н. А. Собраніе сочиненій. Изд. 2-е, въ 4 том., съ портр. автора и біографіей, составленной А. М. Скабичевскимъ. Цѣна (безъ пересылки) 7 р.

Дюрингъ, Е. **Великіе люди въ литературѣ. Критика современной литературы съ новой точки зрѣнія.** Перев. съ нѣм. Ю. М. Антоновскаго. Спб.97 г. Ц. 3 р. 50 к.

Жюссеранъ. Исторія англійскаго народа въ его литературѣ. Переводъ съ французскаго. Спб. 1898 г. Ц. 1 р. 25 к.

Карѣевъ, Н. И. Историко-философскіе и соціологическіе этюды. Спб. 1895 г. Цѣна 1 р. 25 к.

Карѣевъ, Н. Введеніе въ курсъ исторіи древняго міра (Греція и Римъ). Спб. 1895 г. Цѣна 40 к.

Каталогъ библіотеки Черкесова. (О. Н. ПОПОВОЙ). Русскій отдѣлъ. Съ указаніемъ содержанія книгъ, гдѣ это необходимо для справокъ, а также съ указаніемъ мѣста и времени изданія и цѣнъ. Спб. 1897 годъ. Цѣна 2 р. 50 к.

Клейнъ **Астрономическіе вечера.** Съ *четвертаго* нѣмецкаго изданія, *переработаннаго самимъ авторомъ.*

ДОПОЛНЕНІЯ изъ Араго, Бернарда, Болля, Гельмгольца, Гершеля, Лапласа, Митчеля, Ньюкомба, Секки, Скіапарелли Фламаріона и другихъ астрономовъ.

СОДЕРЖАНІЕ. Первыя 12 главъ посвящены *исторіи* астрономіи. Описаны жизнь и открытія величайшихъ дѣятелей астрономіи. Выяснена исторія развитія основныхъ астрономическихъ идей. Слѣдующія 18 главъ знакомятъ съ *современнымъ состояніемъ* астрономическихъ знаній. Сообщены наиболѣе цѣнные и точные выводы науки относительно солнца луны, планетъ, кометъ, метеоровъ, звѣздныхъ міровъ и туманностей,—относительно происхожденія и развитія вселенной Ц. 2 руб.

Клейнъ. **Прошлое, настоящее и будущее вселенной.** Переводъ *К. Пятницкаго.* Шесть цвѣтныхъ таблицъ и 14 портретовъ. Больше 150 рисунковъ въ текстѣ.

Содержаніе. Исторія развитія туманностей. Исторія развитія звѣздныхъ міровъ. Происхожденіе солнечной системы. Жизнь и судьбы солнца. Исторія развитія и міровая роль кометъ. Роль метеорныхъ потоковъ. Древность солнечной системы и земли. Обитаемость луны. Обитаемость планетныхъ міровъ Ц. 1 р. 50 к.

Крепелинъ, Эмиль, проф. **Гигіена труда.—Умственный трудъ.—Переутомленіе.** Перев. съ нѣм. Спб. 98 г. Ц. 30 к.

Кривенко, С. **На распутьи.** Культурные колонисты и одиночки. Спб. 1895 г. Ц. 1 р. 25 к.

Круковскій, М. **Самоучитель фотографіи** и приготовленіе картинъ для волшебнаго фонаря. Краткій практическій курсъ для фотографовъ-любителей. Содержаніе: Фотографическій аппаратъ. Установка и съемка. Негативный процессъ. Фиксированіе. Моментальный аппаратъ. Позитивный процессъ. Процессъ діапозитивный и раскрашиваніе картинъ. Увеличеніе изображеній. Ретушь. Съемка при свѣтѣ магнія. Прозрачныя картины для волшебныхъ фонарей. Спб. 98 г. Ц. 60 к.

Леббокъ, Д. **Какъ надо жить.** (The use of life). Пер. съ англійскаго Д. Коропчевскаго. Спб. 1895 г. Цѣна 80 к. (Распродано).

Летурно, Ш. Соціологія, основанная на этнографіи. Вып. I. Съ 53 рис. Спб. 1896 г. Цѣна 60 коп. Выпускъ II. Съ 61 рис. Спб. 1897 года. Ц. 1 руб. Вып. III (послѣдній). Спб. 1898 г. Съ 39 рис. Ц. 90 к.

Ли, Іонасъ. **Ніобея.** Ром. Пер. О. Поповой. Спб. Цѣна 60 к.

Маминъ-Сибирякъ, Д. **Три конца.** Уральская лѣтопись. Спб. 1895 г. Цѣна 2 р.

Михайловскій, Н. К. **Критическіе опыты.** III. Іоаннъ Грозный въ русской литературѣ.—Герой безвременья. Спб. 1895 г. Цѣна 1 р.

Фритіофъ Нансенъ. **Во мракѣ ночи и во льдахъ.** Путешествіе норвежской экспедиціи на кораблѣ «Фрамъ» къ сѣверному полюсу. Полный переводъ подъ ред. Н. Березина. Въ 2-хъ томахъ. Съ 183 рисунками и 4 картами. Спб. 1897—1898. Цѣна 4 рубля, съ пересылкой 5 р. Учен. Ком. М. Нар. Пр. **рекомендовано** для фундамент. и ученич. старш. возраста библ. мужск. и женск. средн. учебн. заведеній, для библ. учит. институтовъ и семинарій и для безпл. народн. библ. и читаленъ.

Наумовъ, Н. И. Собраніе сочиненій. 2 т. Спб. 1897 г. Ц. 3 р.

Немировичъ-Данченко, Вас. И. Волчья сыть, ром. въ 3-хъ ч. Спб. 1897 года Цѣна 1 р. 50 к.

Нитти Ф. С. Народонаселеніе и общественный строй. Перев. съ франц. О. Н. Поповой подъ ред. Д. Коропчевскаго. Спб. 98 г. Ц. 1 р. 25 к.

Острогорскій Викторъ. Изъ исторіи моего учительства. Какъ я сдѣлался учителемъ (1851—1864 г.). Спб. 1895 г. Цѣна 1 р. 25 к.

Элизе Реклю. Земля и люди. (Всеобщая географія). Изданіе это представляетъ собою переводъ извѣстнаго сочиненія—Geographie Universelle—Реклю *въ той его части, которая заключаетъ въ себѣ полное описаніе всѣхъ европейскихъ государствъ* (Германія, Франція, Великобританія, Италія, Швейцарія, Австро-Венгрія, Испанія, Португалія, Бельгія, Голландія, Швеція, Норвегія, Данія и государства Балканскаго полуострова, Соединенные Штаты Сѣверной Америки) ихъ географіи, населенія, происхожденія его и быта, государственнаго устройства и общественной жизни.

Каждый выпускъ будетъ снабженъ дополнительнымъ подробнымъ описаніемъ государственнаго устройства, библіограф. указателемъ лучшихъ книгъ и журнальныхъ статей, имѣющихся на русскомъ языкѣ по вопросамъ географіи, этнографіи, статистики, исторіи, полит. устройства, хозяйственной и общественной жизни и изящной литературы каждой страны, а также всѣми необходимыми примѣчаніями и добавленіями. (Статистическія цифры населенія, торговли и проч. будутъ доведены до послѣдняго времени).

Вышли изъ печати: Вып. I. **Швеція и Норвегія,** перев. съ франц. *П. Краснова,* 76 рисунковъ, съ прилож. очерка государ. устройства и библіографич. указат. Спб. 1896 г. Ц. 1 р.

В. II. **Бельгія и Голландія,** перев. съ франц. *П. Краснова,* 67 рисунковъ и 9 чертежей. Съ приложен. очерка государ. устройства обоихъ государствъ и статистическихъ свѣдѣній, составл. *Д. Протопоповымъ* и библіографич. указателемъ. Спб. 1897 г. Ц. 1 руб.

В. III. **Соединенные Штаты.** Часть первая. Перев. съ франц. подъ ред. Березина. 70 рисунковъ и 12 схематическихъ картъ въ текстѣ. Спб. 1898 г. Ц. 1 р. 50 к.

Желающіе пріобрѣсти изданіе полностью могутъ заявить въ контору и имъ каждый выпускъ по выходѣ будетъ отсылаться наложеннымъ платежемъ (за каждый наложенный платежъ почта взимаетъ 10 коп. коммиссіонныхъ).

Реклю, Э. *Земля.*—Описаніе жизни земнаго шара. Перев. съ посл. франц. изд. Вып. I. (2-ое изданіе). Земля, какъ планета.—Горы и равнины. Ц. 90 к.—Вып. II. Круговоротъ воды на земномъ шарѣ Ц. 1 р. 30 к. — Вып. III. Подземныя силы (Вулканы, землетрясенія, поднятія и опусканія почвы). Ц. 1 р. 10 к.—Вып. IV. Океанъ. Ц. 1 р. 10 к.—Вып. V. Атмосфера Ц. 1 р.—Вып. VI. Жизнь на земномъ шарѣ. Ц. 1 р. 30 к. Каждый выпускъ снабженъ многочисл. рис. и географ. картами.

Рубакинъ, Н. А. *Этюды о русской читающей публикѣ.* Спб. 1895 г. Ц. 1 р. 50 к. (Распродано).

Рузье, Поль де. *Профессіональные рабочіе союзы въ Англіи.* Переводъ съ франц. подъ ред. и съ предислов. *П. Струве.* Спб. 1898 г. Ц. 1 р. 50 к.

Введеніе. Необходимость союзовъ. — Общія причины ихъ успѣха. — Союзы строительныхъ рабочихъ.—Союзы сельско-хозяйственныхъ рабочихъ.—Союзы докеровъ.—Союзы углекоповъ.—Союзы судостроительныхъ рабочихъ.—Союзы машиностроительныхъ рабочихъ.—Союзы текстильныхъ рабочихъ. — Будущность трэдъюніонизма.

Сеньобосъ. *Политическая исторія современной Европы.* Эволюція партій и политическихъ формъ. 1814.—1897. 2 тома (около 800 стр.). Переводъ съ франц. подъ ред. В. А. Поссе Цѣна 4 р.

Иллюстраціи и портреты выдающихся политическихъ дѣятелей: Гладстона, Луи Блана, Ламартина, Лассаля, Жореса, Кавура, Кошута, Гарибальди, Меттерниха, Лафайета, О'Коннеля, Парнеля, Роберта Оуэна, Евгенія Рихтера, Виндгорста и мн. друг.

Скворцовъ, А. проф. *Основанія политической экономіи.* Спб. 1898 г. Ц. 2 р. 50 к.

Спенсеръ, Гербертъ. *Происхожденіе науки.* (The genesis ot Science, изъ Essays, Vol. 2) Перев. съ англ. Спб. 1898 г. Ц. 30 к.

Станюковичъ, К. М. *Морскіе силуэты.* Спб. 1896 г. Цѣна 1 р.

Станюковичъ, К. М. *Откровенные.* Ром. въ 2-хъ ч. Спб. 1895 г. Ц. 1 р. 50 к.

Сѣрошевскій, В. *Въ сѣтяхъ.* Повѣсть. Съ иллюстр. С. М. Дудина и Н. И. Ткаченка. Спб. 1898 г. Ц. 80 к.

Тэйлоръ, Эдуардъ Б. *Первобытная культура.* Изслѣдованія развитія, миѳологіи, философіи, религіи, языка, искуства и обычаевъ. 2-е изд. испр. и доп. по 3-му англ. изд. (1891), подъ ред. Д. А Коропчевскаго въ 2-хъ т. Спб. 1896—1897 г. Цѣна 4 р.

„Финляндія“. Подъ редакціей *Протопопова.* При участіи И. Андреева (псевд.), В. Валлина, Г. В., А. Гранфельта, О. Грундстрема, Г. К-на Я Клерикуса (псевд.), К. Лейно, Neuter (псевд.), Д. Протопопова, В. Скалона, І. Тикканена, г-жи Т. Хультинъ, Т. Форселя, г-жи М. Фридбергъ и Э. Эркко.

СОДЕРЖАНІЕ: Географическій очеркъ.—Политическое положеніе Финляндіи и «Финляндскій вопросъ»—Законодательство, управленіе и судъ—Церковное устройство и религіозныя движенія—Финансы.—Промышленность и торговля.—Сельское населеніе.—Рабочіе.—Національное движеніе и партіи.—Общественная жизнь.—Періодическая печать.—Низшее образованіе.—Среднее образованіе.—Университетъ и студенческая жизнь. — Наука.—Литература.—Искуство.—Борьба съ пьянствомъ.—Призрѣніе бѣдныхъ. *51 иллюстрація Спб. 1898 г. Цѣна 3 р. 50 к.*

Циглеръ, Т. проф. *Нѣмецкій студентъ конца XIX вѣка.* Перев. съ нѣмецкаго подъ редакціей и съ предисловіемъ проф. Н. И. Карѣева. Спб. 1898 г. Ц. 50 к.

Шашковъ, С. С. *Собраніе сочиненій.* Въ 2-хъ томахъ. (Стр. 894+1066). *Содержаніе:* Т. I. Историческія судьбы женщины, дѣтоубійство и проституція. Исторія русской женщины. Т. II. Историческіе очерки.—Старая и новая Испанія. Судьбы Ирландіи. Эдмундъ Боркъ. Газетная пресса въ Англіи. Историческіе этюды:—Русскія реакціи. Поучительная иоторія о нѣмцахъ. Рабство въ Сибири, Сибирскіе инородцы въ XIX столѣтіи. Россійско-Американская компанія. Иркутскій погромъ въ 1758—1760 г. Спб., 1898 г. Цѣна за оба тома 4 р.

Шелгуновъ, Н. *Собраніе сочиненій.* Изд. 2-е, дополн., въ 2-хъ т. Цѣна 3 р.

Шелгуновъ, Н. *Очерки русской жизни.* Спб. 1896 г. Цѣна 2 р.

Эсменъ, А. (Esmein, A). *Общія основанія конституціоннаго права.* Перев. съ франц. подъ ред. В. Дерюжинскаго. Спб. 1898. Ц. 1 р. 75 к.

Культурно-историческая библіотека.

Бэрдъ, Ч. *Исторія реформаціи XVI вѣка въ ея отношеніи къ новому мышленію и знанію.* Переводъ Е. А Звягинцева, подъ ред. и съ предисл. проф. Карѣева. Спб. 1897 г. Ц. 1 р. 25 к.

Буасье, Г. *Картины древне-римской жизни.* Очерки общественнаго настроенія временъ цезарей. Пер. Е. Дегенъ. Спб. 1896 г. Ц. 1 р. 25 к.

Гардинеръ, С. Р. *Пуритане и Стюарты.* 1603—1660 гг. **Эйри, О.** *Реставрація Стюартовъ и Людовикъ XIV* отъ Вестфальскаго до Нимвегенскаго мира. Перев. съ англійскаго А. Каменскаго. Спб. 1896 г. Ц. 1 р. 75.

Геттнеръ, Г. *Исторія всеобщей литературы XVIII в.* (Т. I). Англійская литература (1660—1770). (Т. II). Французская литература. Перев. и біогр. статья А. Н. Пыпина. Изд. 2-е, испр. и доп. Спб. 1897—98 г. Ц. 3 р. 50 к. за оба тома.

Гиббинсъ, Г. *Промышленная исторія Англіи.* Пер. А. В. Каменскаго. Изданіе 2-е. Спб. 1898 г. Цѣна 80.

Гольцевъ, В. *Законодательство и нравы въ Россіи XVIII вѣка.* Спб. 1896 г. Цѣна 1 р. 25 к.

Ингрэмъ, Д. *Исторія рабства отъ древнѣйшихъ до новыхъ временъ.* Пер. З. Журавской. Спб. 1896 г. Цѣна 1 р. 25 к.

Киддъ, Б. Соціальная эволюція. Перев. съ англ. съ предисловіями Н. К. Михайловскаго и проф. Вейсмана. Спб. 1897 г. Ц. 1 р. 25,

Корелинъ, М. Паденіе античнаго міросозерцанія. Лекціи, чит. въ Моск. Политехн. музеѣ. Спб. 1895 г. Цѣна 75 к.

Мармери, Д. В. Прогресъ науки, его происхожденіе, развитіе, причины и результаты. Пер. съ англ., съ приложен. библіогр. указат. русскихъ переводовъ классическихъ научныхъ трудовъ, а также и другихъ книгъ и статей по различнымъ отраслямъ знанія. Спб. 1896 г. Ц. 1 р. 75 к.

Минье, Исторія французской революціи. Пер. подъ ред. и съ предисл. К. Арсеньева. Изд. 3-е, печат. безъ перемѣнъ съ 1-го рус. изд. Спб. 1897 г. Ц. 1 р.

Ремке, І. Очеркъ исторіи философіи. Пособіе для самообразованія и для студентовъ. Перев. съ нѣм. Н. Лосскаго, подъ ред. Я. Колубовскаго. Спб. 1898. Ц. 1 р. 50 к.

Соренъ, Э. Исторія Италіи отъ 1815 г. до смерти Виктора Эммануила. Приложеніе: В. Водовозовъ. Очеркъ послѣдующихъ событій. Спб. 1898. Ц. 1 р. 50 к.

Трачевскій, А., проф., **Германія наканунѣ революціи и ея объединеніе.** Спб. 1898. Ц. 1 р. 25 к.

Чаннингъ, Эдуардъ. Исторія Соединенныхъ Штатовъ Сѣверной Америки. (1765 — 1865 гг.), Съ приложеніями 2 портр. и 3-мя картами. Перев. съ англ А. Каменскаго. Спб. 1897 г. Ц. 1 р. 50.

Янсенъ, І. Экономическое, правовое и политическое состояніе германскаго народа наканунѣ реформаціи, Перев. съ 16-го нѣмецкаго изданія. Спб. 1898 г. Ц. 1 р. 25 к.

Для школьнаго возраста:

Бичеръ-Стоу. Хижина дяди Тома, Полный переводъ съ англійскаго З. Н. Журавской. 66 рисунковъ. Ц. 1 р. 20 к.

Гермфи Уордъ. Давидъ Гривъ. Разсказъ о томъ, какъ человѣкъ нашелъ дорогу въ жизни. Пер. съ англ. А. Каррикъ. Съ 10-ью оригинальными рисунками въ текстѣ. Спб. 1897. Ц. 50 к., въ папкѣ 60 к.

Гольмсъ, Ф. М. Великіе люди и ихъ великія произведенія. Разсказы о сооруженіяхъ знаменитыхъ инженеровъ. Пер. съ англійскаго, съ приложеніемъ историч. очерка развитія желѣзныхъ дорогъ пароходства и сооруженія мостовъ и туннелей въ Россіи, составленнаго П Красновымъ. Ученымъ Комитетомъ М-ва Н. Пр. *допущена* въ учительскія библ. низш. учебн. заведеній и въ безпл. народн. библіотеки и читальн. 77 рисунковъ. Спб. 1897 г. Ц. 1 р. 50 к. въ папкѣ 1 р. 60 к.

Диккенсъ, Ч. Блестящая будущность. (Great expectation). Сокращ. переводъ съ англ. А. Н. Энгельгардтъ. Сь оригин. рисунками. Спб. 1898. Ц. 1 р.

Доброе сѣмя. Сборникъ стихотвореній. Спб. 1898. Ц. 25 к.

Попова, О. Н. Герой полярной ночи и вѣчныхъ льдовъ Фритіофъ Нансенъ. Очеркъ путешествія. Съ 38 рис. Ц. 50 к.

Тальботъ. Старшины Вильбарской школы. Изъ жизни англійскихъ школьниковъ. Перев. съ англ. М, Шишмаревой. Съ 23 рисунками. Спб. 1898. Ц. 1 р.

Одобрено Учен. Ком. Мин. Нар. Просв. для ученическихъ, младшаго и средняго возр. библіотекъ средн. учебн. заведеній и *допущено* въ безплатн. народн. библіотеки и читальни.

Для младшаго возраста.

Гекторъ Мало. «Безъ семьи». Пер. съ франц. М. Круковского съ 27 рисунками. Спб. 1897 г. Ц. 50 к., въ папкѣ 60 к.

100 разсказовъ изъ жизни животныхъ. Изд. 2-ое, печатано безъ перемѣнъ съ 1-го изд., Учен. Комит. М. Н. П. *допущеннаго* въ ученич. библ. средн. учебн. заведеній для младш. возраста и ученич. библ. низшихъ училищъ. Перев. съ англ. З. Журавской. 53 рис. Спб. 1898. Ц. 50 к.: въ папкѣ 60 к.

Утренняя заря. Сборникъ стихотвореній. Спб. 1898. Ц. 20 к.

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ, 3 Октября 1898 г.

ОТЗЫВЪ О КНИГѢ

„Клейнъ. АСТРОНОМИЧЕСКІЕ ВЕЧЕРА“,

помѣщенный въ Журналѣ Министерства Народнаго Просвѣщенія:

„Нельзя было сдѣлать лучшаго выбора для популяризаціи астрономіи, какъ изданіе вышеназванной книги Клейна; ее смѣло можно назвать образцовою во всѣхъ отношеніяхъ. Чтобы написать такую превосходную и общепонятную книгу, надо обладать не только глубокимъ знаніемъ, но и большимъ педагогическимъ и литературнымъ талантомъ. Все содержащееся въ ней изложено съ такою замѣчательною ясностью и увлекательностью, что даже сложные законы и глубокія идеи будутъ не затруднять читателя, а вызывать въ немъ сильнѣйшій интересъ къ астрономіи. Знатокъ астрономіи не можетъ не удивляться искусству, съ какимъ авторъ обошелъ всѣ препятствія, исключилъ техническую или узко-утилитарную часть, а сосредоточилъ все вниманіе на философской сторонѣ науки и рельефно изобразилъ исторію прогресса человѣческой мысли, послѣдовательный и все болѣе и болѣе ускоряющійся ходъ ея проникновенія въ тайны мірозданія...

„Исторію астрономіи Клейнъ изложилъ въ видѣ ряда біографій знаменитѣйшихъ творцовъ этой науки. Въ краткихъ очеркахъ авторъ съ необыкновеннымъ искусствомъ изображаетъ геніальныхъ дѣятелей, ихъ страстное исканіе истины, сущность и величіе достигнутыхъ результатовъ, а потому вполнѣ справедливо мнѣніе, что въ „Астрономическихъ вечерахъ“ Клейна **совмѣщены два цѣнныхъ элемента: образовательный и воспитательный.**

„Книгѣ этой предстоитъ весьма широкое распространеніе. Она содержитъ **богатый матеріалъ для публичныхъ чтеній,** должна составлять необходимую принадлежность каждой удовлетворительно организованной **библіотеки,** а для **обучающихся космографіи** будутъ служить превосходнымъ пособіемъ, и въ особенности необходима тамъ, гдѣ на этотъ предметъ удѣлено весьма мало времени. Чтеніе этой книги не только не будетъ обременять умъ любознательнаго ученика, но будетъ для него какъ бы пріятнымъ отдыхомъ отъ утомительныхъ классныхъ работъ; а между тѣмъ она уяснитъ ему изучаемый имъ краткій курсъ и пополнитъ пробѣлы. Можно смѣло сказать, что извлеченныя ученикомъ изъ этой книги свѣдѣнія будутъ прочнѣе и плодотворнѣе тѣхъ, которыя онъ могъ бы извлечь даже изъ весьма подробныхъ учебниковъ космографіи“.

ОТЗЫВЪ О КНИГѢ

„Юнгъ. СОЛНЦЕ“,

помѣщенный знаменитымъ астрофизикомъ Хэлемъ въ „The Astrophysical Journal“, 1896, мартъ:

„Книга Юнга появилась впервые въ 1881 году. Успѣхи, сдѣланные физикою солнца, излагались въ многочисленныхъ дополненіяхъ и примѣчаніяхъ къ послѣдующимъ изданіямъ. Въ настоящемъ изданіи текстъ переработанъ особенно тщательно: въ него введено много новыхъ данныхъ и новыхъ иллюстрацій. Внимательное сравненіе съ текстомъ 1881 года показываетъ, что передъ нами почти совершенно новое сочиненіе. Оно сохранило всѣ превосходныя качества, доставившія прежнимъ изданіямъ столь заслуженную популярность. Новые факты и теоріи, изложенные безъ предвзятыхъ мнѣній и оцѣненные по ихъ дѣйствительному достоинству, сдѣлали книгу еще болѣе содержательной. Книга написана для большой публики и оказалась для нея наиболѣе пригодною; но можно смѣло сказать, что она удовлетворитъ и спеціалиста—астронома. Дополненія, внесенныя въ послѣднее изданіе, знакомятъ съ прогрессомъ въ изслѣдованіи солнца за послѣдніе 15 лѣтъ... Хорошо извѣстныя ясность изложенія и привлекательный слогъ проф. Юнга позволяютъ рекомендовать книгу каждому образованному читателю“.

Въ русской литературѣ книга Юнга была не разъ рекомендована въ цѣляхъ **самообразованія:**

См. статью профессора И. И. Боргмана „Вопросы самообразованія: физика“. — Сѣв. Вѣстникъ. 1896 г., 2.

См. статью К. Д. Покровскаго „Вопросы самообразованія: астрономія“. — Сѣв. Вѣстникъ. 1897 г.

См. Программы домашняго чтенія, издаваемыя московскою коммиссіей по организаціи домашняго чтенія.

См. Программы чтенія для самообразованія, издаваемыя отдѣломъ для содѣйствія самообразованію при Комитетѣ Педагогическаго Музея военно-учебныхъ заведеній и т. д.

Доз. цензурою. Спб., 7 октября 1898 г. Тип. Евдокимова. Троицкая, 18.